



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ**

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

**GENEROVÁNÍ PROJEVŮ KOŽNÍHO ONEMOCNĚNÍ  
DO SYNTETICKÝCH OTISKŮ PRSTŮ Z GENERÁTORU  
ANGULI**

GENERATION OF SKIN DISEASE EFFECTS INTO SYNTHETIC FINGERPRINTS FROM ANGULI  
GENERATOR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**DAVID KOŠTÁK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. ONDŘEJ KANICH**

**BRNO 2018**

**Vysoké učení technické v Brně - Fakulta informačních technologií**

Ústav inteligentních systémů

Akademický rok 2017/2018

**Zadání bakalářské práce**

Řešitel: **Košťák David**

Obor: Informační technologie

Téma: **Generování projevu kožního onemocnění do syntetických otisků prstů z generátoru Anguli**  
**Generation of Skin Disease Effects into Synthetic Fingerprints from Anguli Generator**

Kategorie: Počítačová grafika

Pokyny:

1. Prostudujte literaturu týkající se kožních onemocnění postihujících bříška prstů a dlaně a biometrického rozpoznávání podle otisků prstů. Seznamte se s generátorem syntetických otisků prstů Anguli.
2. Navrhněte vhodný model a posléze algoritmus pro generování projevů dvou druhů onemocnění kůže (psoriázu a atopický ekzém) do syntetických otisků prstů, pocházejících z generátoru Anguli.
3. Implementujte navržený algoritmus z předchozího bodu.
4. Otestujte algoritmus z předchozího bodu vygenerováním syntetických otisků prstů se všemi výše uvedenými poškozeními a ověřením výstupu s pomocí vhodného algoritmu na porovnávání otisků prstů (např. Neurotechnology VeriFinger).
5. Dosažené výsledky shrňte a diskutujte. Uveďte možná rozšíření Vašeho řešení.

Literatura:

- Maltoni, D., Maio, D., Jain, A.K. and Prabhakar, S.: *Handbook of Fingerprint Recognition*. Springer, 2009, pages 512. ISBN 978-1-8488-2254-2.

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1 a 2.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování bakalářské práce naleznete na adrese <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Technická zpráva bakalářské práce musí obsahovat formulaci cíle, charakteristiku současného stavu, teoretická a odborná východiska řešených problémů a specifikaci etap (20 až 30% celkového rozsahu technické zprávy).

Student odevzdá v jednom výtisku technickou zprávu a v elektronické podobě zdrojový text technické zprávy, úplnou programovou dokumentaci a zdrojové texty programů. Informace v elektronické podobě budou uloženy na standardním nepřepisovatelném paměťovém médiu (CD-R, DVD-R, apod.), které bude vloženo do písemné zprávy tak, aby nemohlo dojít k jeho ztrátě při běžné manipulaci.

Vedoucí: **Kanich Ondřej, Ing., UITS FIT VUT**

Datum zadání: 1. listopadu 2017

Datum odevzdání: 16. května 2018

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
Fakulta informačních technologií  
Ústav inteligentních systémů  
602 00 Brno, Božetěchova 2

doc. Dr. Ing. Petr Hanáček  
vedoucí ústavu

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a implementací algoritmu pro generování kožních onemocnění na snímek syntetického otisku prstu. Program v této práci vytváří obrázky otisků prstů poškozené atopickým ekzémem a psoriázou. Znaky jednotlivých onemocnění jsou vkládány do obrázků syntetických otisků prstů generovaných programem Anguli. Výsledné obrázky jsou testovány nástrojem VeriFinger.

## Abstract

This bachelor thesis deals with the design and implementation of algorithm for generating skin diseases on the image of synthetic fingerprint. The program produces images of fingerprints damaged by atopic eczema and psoriasis. The signs of each disease are embedded in the fingerprint images created by the Anguli program. The resulting images are tested by VeriFinger.

## Klíčová slova

kožní onemocnění, otisky prstů, generování, poškození, syntetický otisk prstu, Anguli, VeriFinger

## Keywords

skin diseases, fingerprints, generation, damage, synthetic fingerprint, Anguli, VeriFinger

## Citace

KOŠTÁK, David. *Generování projevů kožního onemocnění do syntetických otisků prstů z generátoru Anguli*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Ondřej Kanich

# Generování projevů kožního onemocnění do syntetických otisků prstů z generátoru Anguli

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Ondřeje Kanicha. Další informace mi poskytla MUDr. Eva Březinová, Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

David Košťák  
15. května 2018

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Ondřeji Kanichovi za to, že vedl tuto práci a své rodině a přátelům za podporu.



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Struktura kůže</b>	<b>5</b>
2.1	Epidermis – pokožka . . . . .	5
2.2	Dermis – škára . . . . .	5
2.3	Podkožní vazivo . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Otisky prstů</b>	<b>7</b>
3.1	Biometrický systém . . . . .	7
3.2	Technologie pro snímání otisků prstů . . . . .	8
3.3	Proces rozpoznávání otisku prstu . . . . .	11
3.4	Detekce živosti . . . . .	12
3.5	Syntetický otisk prstu . . . . .	12
3.6	Anguli: Generátor syntetických otisků prstů . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Kožní onemocnění</b>	<b>17</b>
4.1	Onemocnění způsobující změnu struktury papilárních linií . . . . .	17
4.2	Onemocnění způsobující změnu barvy pokožky . . . . .	19
4.3	Onemocnění způsobující změnu struktury papilárních linií a barvy pokožky . . . . .	19
4.4	Databáze snímků s kožními onemocněními . . . . .	21
<b>5</b>	<b>Návrh algoritmu</b>	<b>24</b>
5.1	Cíle programu . . . . .	24
5.2	Vliv kožního onemocnění na snímek otisku prstu . . . . .	24
5.3	Analýza projevů kožního onemocnění na snímku otisku prstu . . . . .	25
5.4	Model a návrh algoritmu . . . . .	27
<b>6</b>	<b>Implementace</b>	<b>30</b>
6.1	Parametry programu . . . . .	30
6.2	Extrakce subjektů . . . . .	31
6.3	Atopický ekzém: Generování poškození . . . . .	33
6.4	Psoriáza: Generování poškození . . . . .	34
<b>7</b>	<b>Testování</b>	<b>36</b>
7.1	Popis vytvořených balíčků . . . . .	36
7.2	NEUROtechnology VeriFinger . . . . .	37
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>40</b>

<b>Literatura</b>	<b>41</b>
<b>Přílohy</b>	<b>43</b>
<b>A Obsah DVD</b>	<b>44</b>

# Kapitola 1

## Úvod

V dnešní době žije na Zemi přes 7 miliard lidí. Je tedy nutné rozlišovat identitu člověka, a to pomocí vlastnictví (identifikační doklady, karty, čipy, apod.), znalostí (hesla, identifikační čísla a kódy, apod.) a podle měřitelných biologických (biometrických) charakteristik (fyzický vzhled, tvar a rozměry těla a končetin, oči, hlas, pachové vjemy, otisky prstů, struktura DNA, chuze, řeč, mimika, gesta, apod.). Jinými slovy svoji identitu prokazujeme tím, co máme (vlastnictví), co známe a umíme (znalosti) a čím ve skutečnosti fyzicky a duševně jsme (naše existence). Vlastnictví může být odcizeno, napodobeno a znalosti mohou být odpozorovány, uhodnuty nebo jinak získány. Naopak fyzické (a psychické) charakteristiky člověka jsou jedinečné a nelze je tedy nijak odcizit. S tímto přichází základní myšlenka biometrické identifikace. Biometrická identita je navíc pro každého člověka přirozená – vlastní (je s ním spojena od narození). [22]

Jak bylo zmíněno výše, biometrie je založena na rozpoznávání jedinečných vlastností a chování člověka, například DNA, otisk prstu, hlasový vzorek, pach nebo oční duhovka. Nejznámější a nejstarší metodou biometrické identifikace je otisk prstu, čímž se v této práci budu detailněji zabývat. Již v 9. století před naším letopočtem se vyskytovaly otisky prstů vedle jmen na hliněných tabulkách. Tyto tabulky byly uloženy v knihovně a autor zde pravděpodobně umístil otisk svého prstu proto, aby zamezil falzifikaci. [25] Podobným způsobem Babyloňané potvrzovali obchodní smlouvy, kde otisk palce sloužil jako podpis. [22]

Zmínka o využívání otisků prstů pro identifikaci osob je v historii mnoho. Velký význam má například v kriminalistice, kde je možné určit pachatele nejen pomocí otisků prstů, ale i dalších biometrických vlastností. Francis Galton a Edward Henry položili základy praktického využívání daktyloskopie (identifikace osob podle otisků prstů) tím, že vytvořili třídící a registrační systémy využitelné v praxi. [22] S vývojem automatizovaných systémů AFIS (Automated Fingerprint Identification Systems) počátkem 60. let 20. století se identifikování osob značně zrychlilo. Hlavní funkcí systému AFIS je porovnání otisku prstu s otisky v databázi a následné hledání shody. [1][25]

Mimo kriminalistiku se biometrická identifikace začala využívat až v době optických snímačů v 80. letech minulého století. Používala se v systémech ověřujících identitu při vstupu do budov nebo místností s omezeným přístupem a vysokým stupněm zabezpečení. Příkladem je rok 1970, kdy firma Sbearson Hamill na Wall Street využívala při vstupu do budovy systém Identimat, který měřil geometrii ruky. Evidovala se tak i docházka zaměstnanců. [22][25]

Dnešní rozvoj technologií umožňuje uplatnění biometrické identifikace současně ve všech směrech a oborech lidské činnosti. V současnosti už většina obyvatel ve vyspělých ze-

mích vlastní mobilní telefon, notebook, tablet nebo jiné zařízení, které používá biometrické funkce. Tyto funkce slouží především k ověření totožnosti osob při zabezpečení jejich zařízení, které se děje za pomoci rozpoznání otisků prstů nebo jedinečných charakteristik obličeje. [11] Stále více se také rozrůstá využití těchto technologií v aplikacích, které chrání soukromá data. Pro uživatele to znamená velké usnadnění práce se zařízením, jelikož si nemusí pamatovat všechna hesla ke svým účtům.

Problémem pro snímače otisků prstů jsou otisky lidí, kteří mají nebo měli kožní onemocnění. Tato onemocnění mohou poškodit strukturu papilárních linií ve vrstvách epidermis a dermis. Při poškození vrstvy dermis už struktura linií znovu „nevyroste“ (nezregeneruje se) stejně jako předtím (pokud vůbec). V tomto okamžiku není pacient dále schopen provést identifikaci svého zařízení, tudíž ani se zařízením nadále pracovat. [1] Tento fakt ztěžuje práci nejen jednotlivcům, ale také bezpečnostním složkám, které s otisky prstů pracují. Této problematice a jejímu řešení se dle mého názoru nevěnuje dostatek pozornosti, a proto bych k tématu rád přispěl touto prací.

Snímky generované programem v této práci mohou sloužit pro testovací účely při rozpoznávání kožních onemocnění. Chybějící databáze s poškozenými otisky prstů jsou v biometrii rozšířeným problémem, který by mohl program lehce vyřešit. Tento program je schopen snadno vygenerovat velké množství syntetických snímků s onemocněním kůže, se kterými se dá lépe pracovat, a proto by mohl být v biometrii cenným přínosem.

## Kapitola 2

# Struktura kůže

Při získávání otisků prstů je skenována struktura kůže na prstech a je proto důležité jí dostatečně rozumět. Kůže zajišťuje různé životně důležité funkce. Formuje se do různých tvarů a má možnost se roztahovat či ztuhnout. Je schopná cítit jemný dotek, bolest, tlak, teplo nebo zimu a slouží také jako komunikátor mezi vnějším prostředím a mozkem. Pokožka se během života stále regeneruje. [10]

Kůže tvoří 12–15 % váhy dospělého člověka a skládá se ze 3 vrstev. Na nejvyšší úrovni je vrstva epidermis, což je povrch kůže, který můžeme vidět. Prostřední vrstvou je dermis („pravá kůže“) a na nejnižší úrovni jsou podkožní tkáně (tuk). Podrobný popis struktury kůže lze spatřit na Obrázku 2.1. [10] [23] [21]

Kožní buňka se vytvoří v dolní vrstvě dermis odkud putuje směrem k nejvyšší vrstvě epidermis. Doba, za kterou buňka dorazí ke spodní (první) vrstvě epidermis, je přibližně 2 týdny. Po dobu dalších 2 týdnů prochází buňka řadou změn: postupně se zplošťuje a pohybuje směrem k povrchu kůže. Poté kožní buňka umírá a tělo se jí zbavuje. Mezi funkce pokožky patří cit, regulace teploty, absorpce ultrafialových paprsků ze slunce (vitamín D), ochrana těla a vylučování přebytečných produktů, toxinů a potu. [10]

### 2.1 Epidermis – pokožka

Její hlavní funkcí je vytvořit pevnou bariéru, která chrání další vrstvy kůže před okolním světem. Epidermis má regenerační schopnost a skládá se z 5 dalších vrstev. Bazální vrstva je spodní vrstva kůže, ve které se neustále reprodukuje buňky obsahující jádro nebo semeno. Průběžnou reprodukci nových buněk jsou vrstvy tlačeny nahoru do další vrstvy: vrstvy pichlavých buněk. Tato vrstva je takto pojmenována, protože obsahuje buňky, které mají trny a brání bakteriím v jejich vniknutí do těla. Tyto buňky také obsahují jádro a jsou reprodukovány. V granulózní vrstvě pichlavé buňky ztrácejí své bodliny a stávají se ploššími. Jejich jádro zde umírá a vzniká protein zvaný keratin. Následuje průhledná vrstva, kterou lze nalézt pouze na dlaních rukou a chodidel. Slouží k tlumení nárazů a ochraně. Poslední je svrchní vrstva pokožky, kde jsou už mrtvé buňky připraveny k odstranění. Tento proces se ve stáří zrychluje. [10] [23] [21]

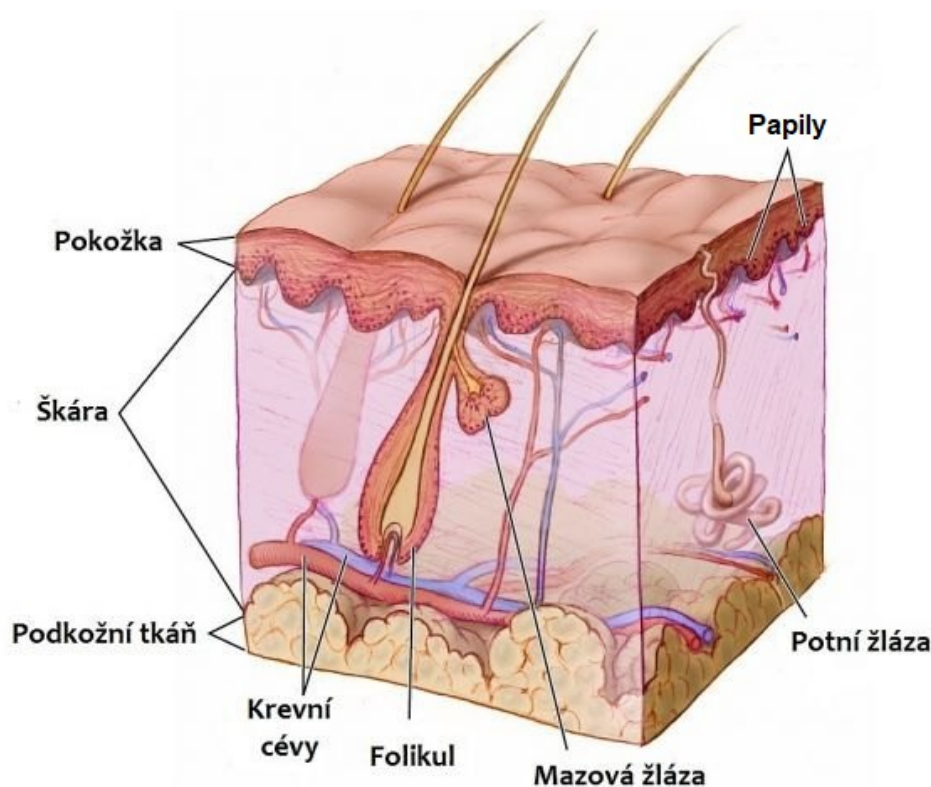
### 2.2 Dermis – škára

Dermis je prostřední vrstva kůže umístěná mezi epidermis a podkožními tkáněmi. Jedná se o nejsilnější vrstvu kůže a obsahuje kolagenová a elastinová vlákna. Zde se vytváří zakřivení

papilárních linií, která jsou poté promítnuta na epidermis (pokožku). Vrstva je zodpovědná za strukturální integritu pokožky, její pružnost a odolnost. Má oproti vrstvě epidermis pomalejší regenerační schopnost. Dermis je tlustší vrstva než epidermis, ale obsahuje méně buněk. Skládá se převážně z pojivové tkáně. Spolu s vrstvou epidermis určují vzhled naší kůže. [10] [21]

## 2.3 Podkožní vazivo

Jedná se o nejnižší vrstvu kůže a obsahuje hlavně tukové buňky. Působí jako tlumič nárazů a tepelný izolátor, který chrání podkožní tkáň před chladem. Ztráta podkožní tkáně v pozdějších letech života vede ke zviditelnění vrásek. Tato vrstva není důležitá pro získání snímku otisku prstu. [10] [23] [21]



Obrázek 2.1: Struktura kůže. Zdroj: [7].

## Kapitola 3

# Otisky prstů

Rozpoznávání osob podle otisků prstů je v současnosti nejužívanější biometrickou technologií. [11] Je rychlá, velmi účinná a vyspělá (spolehlivost je vysoká). [10] Každý z nás má na povrchu prstů (rukou i nohou) papilární linie, což jsou vyvýšené reliéfy kůže, které jsou pro každou osobu jedinečně tvarované. [24] Jedinečnost tvarů těchto otisků jednoznačně určuje fyzickou identitu člověka.

Kvalita snímků s otisky prstů je pro biometrické systémy velmi důležitá. Snímky se zhoršenou kvalitou vedou k nepřesným výsledkům. Mohou například způsobit falešné odmítnutí při autorizaci osoby nebo vést k falešné identifikaci pachatele. [10]

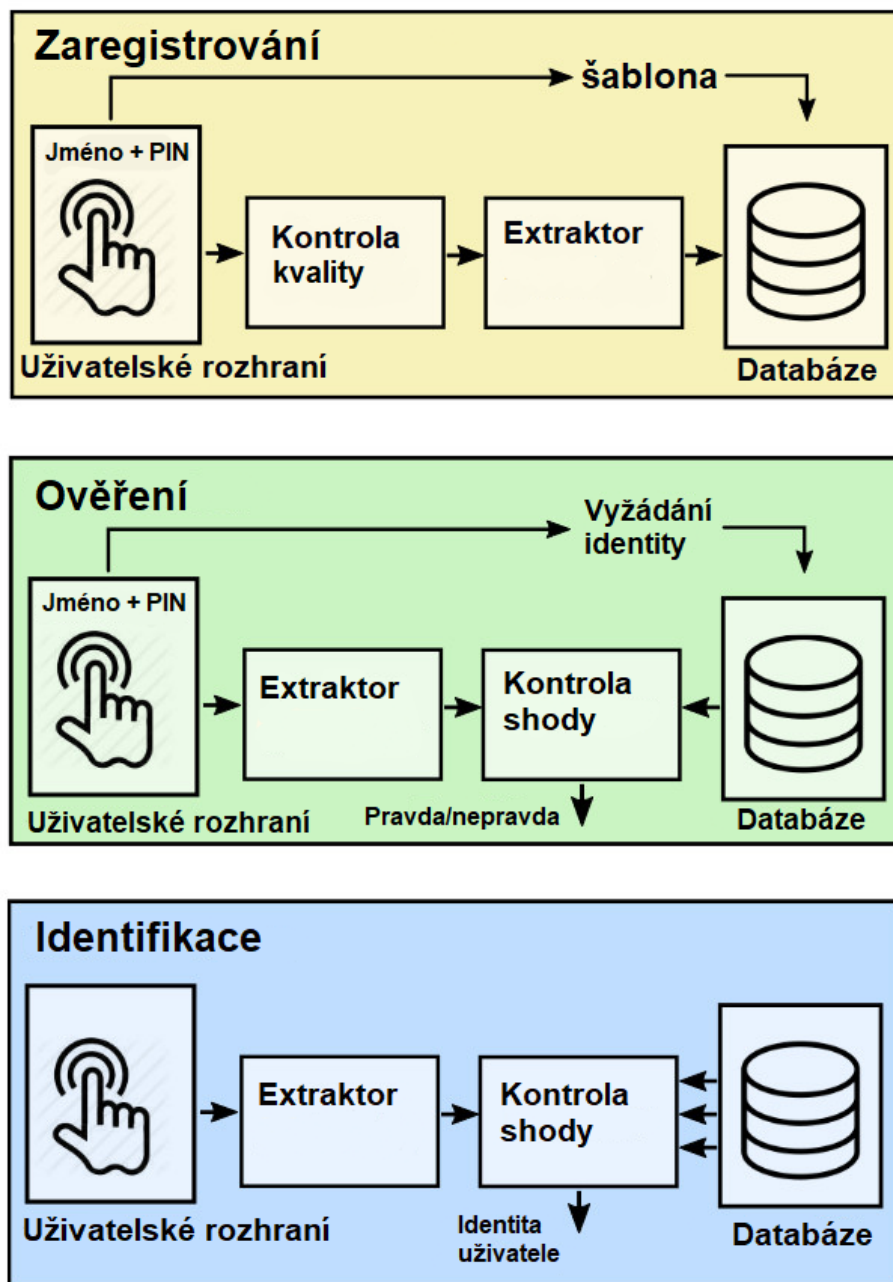
### 3.1 Biometrický systém

Biometrický systém je v podstatě systém pro rozpoznávání vzorků, který určuje identitu na základě fyzické a/nebo behaviorální charakteristiky dané osoby. Důležitým bodem je navržení praktického biometrického systému, který určuje podle jakých charakteristik bude člověk rozpoznán. V závislosti na kontextu aplikace může být biometrický systém nazýván buď verifikační nebo identifikační, viz. Obrázek 3.1.

Verifikační systém ověřuje totožnost osoby porovnáním zachycených biometrických dat s vlastní šablonou, která již existuje v systémové databázi. V tomto případě se vyžaduje potvrzení identity od uživatele (například podle jména uživatele nebo jeho ID) pro výběr záznamu z databáze. Poté se data z vybraného záznamu porovnají s daty, které byly zachyceny a vyhodnotí se, zda je ověření úspěšné či nikoliv.

Naopak u identifikačního systému se nevyžaduje od uživatele žádné potvrzení identity. Biometrický systém rozpozná jednotlivce tak, že zachycená data porovná se všemi šablonami (daty), které jsou uloženy v jeho databázi. Porovnání je vyhodnoceno jako úspěšné v případě, že byla nalezena shoda mezi zachycenými a uloženými daty.

Proces rozpoznávání zahrnuje získávání biometrických dat, extrakci významné sady prvků z dat, porovnání sady extrahovaných prvků s daty uloženými v databázi biometrického systému a provedení akce založené na výsledku porovnání. [4] [9]



Obrázek 3.1: Zaregistrování, ověření a identifikace v biometrickém systému. Zdroj: [4].

## 3.2 Technologie pro snímání otisků prstů

S některými těmito technologiemi se můžeme setkat v běžném životě téměř každý den. Pro vytvoření snímků se používají snímače otisků prstů s jedinou výjimkou, kterou je fyzické otištění prstu na daktyloskopickou kartu, která se až později načte do počítače za pomoci skeneru. Parametry, které nás zajímají u snímačů otisků prstů, jsou: rozlišení, snímací plocha pro přístupové systémy, snímací plocha pro daktyloskopické systémy, počet bitů, geometrická přesnost a kvalita obrázku. [11]



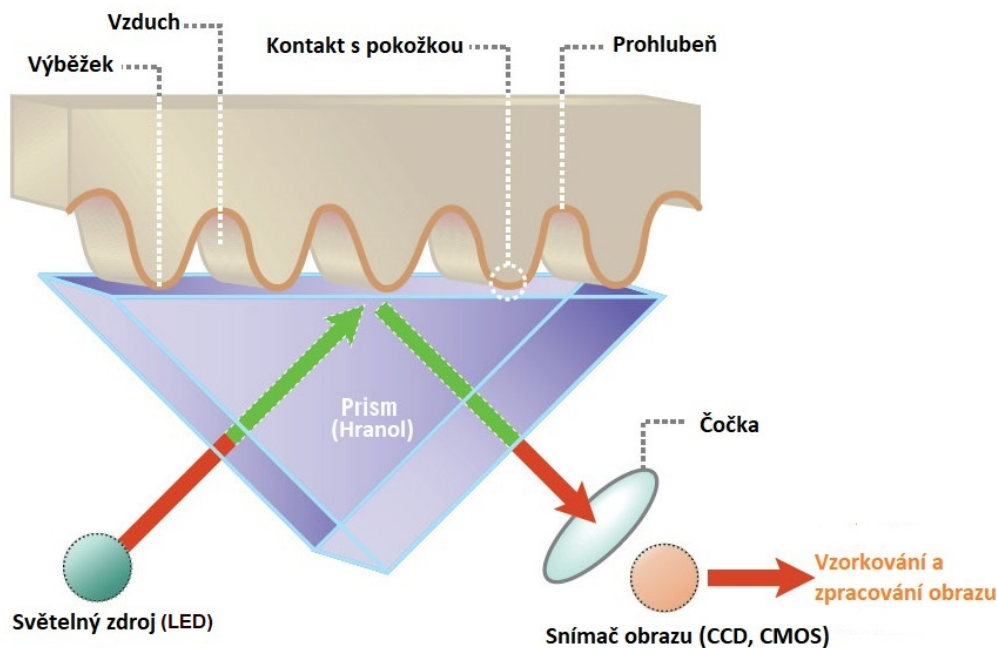
### 3.2.1 Daktyloskopické karty

Nejstarší metodou pro získání otisků prstů je použití daktyloskopické karty a inkoustu. Není pro ni potřeba používat žádné senzory nebo jiné systémy. Prst je namočen do inkoustu a otláčen na kartu, kde po sobě zanechá otisk.

Daktyloskopická karta obsahuje otisky prstů a okrajové části pro jejich popis. Válené otisky jsou získány přiložením prstu namočeného do inkoustu na kartu z jedné strany a přetočením na stranu druhou, přičemž se prst stále dotýká povrchu. Píchaný otisk je vytvořen přiložením všech prstů namočených do inkoustu na kartu. V horní části karty jsou otláčeny otisky všech deseti prstů v podobě válených snímků a v dolní části jsou umístěny kontrolní píchané otisky prstů. Na druhé straně karty bývají otisky dlaní obou rukou. Kvalita válených otisků je vyšší než kvalita píchaných. [10]

### 3.2.2 Optická technologie

Princip této technologie není složitý a je znázorněn na Obrázku 3.2. Po přiložení prstu na skleněnou plochu optického senzoru dojde k jeho osvětlení pomocí světelného zdroje LED a následnému nasnímání jeho obrazu kamerou (CCD/CMOS). [11] Konkrétně tedy pracujeme se skleněnou plochou senzoru, na kterou je z jedné strany přiložen hřbet prstu a z druhé kamerový systém se zdrojem světla. Jedna strana plochy je osvětlena difuzním světlem, které se na výběžcích odráží a v prohlubních rozptýlí. Nedostatek odrazu od výběžků umožňuje získat obrázek otisku prstu. [10] Dnes již existují i bezkontaktní 3D optické senzory a není tedy potřeba snímaný prst přikládat na skleněnou plochu senzoru. [11]

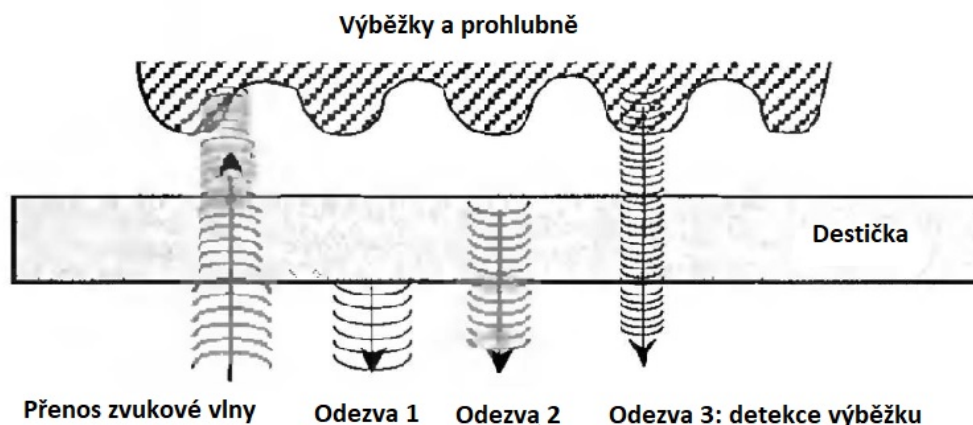


Obrázek 3.2: Princip optické technologie. Zdroj: [18].

### 3.2.3 Ultrazvukové technologie

Senzor se skládá z vysílače ultrazvukových vln o frekvenci od 20 kHz do několika GHz a přijímače těchto vln. Horní frekvence se používají pro získání požadované kvality a k rozlišení

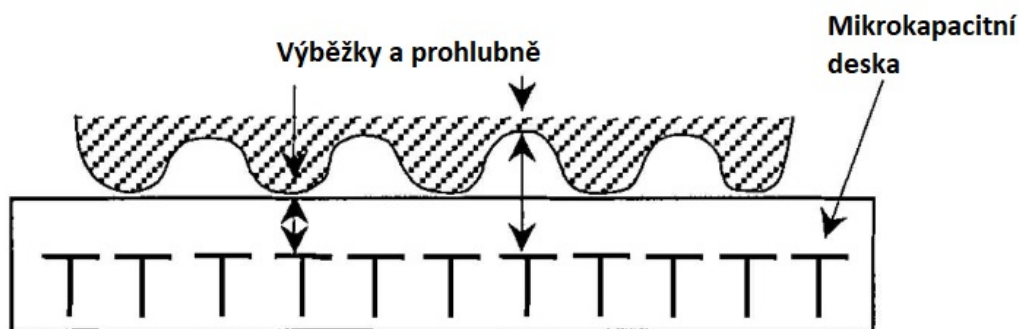
otisků prstů. Ultrazvukový vysílač vysílá akustické signály směrem k otisku prstu a přijímač detekuje signály, které se odrazí od jeho povrchu. Rozdíl v akustické impedanci výběžků a prohlubní na otisku slouží pro měření vzdálenosti a získání snímku otisku prstu. [11] [10]



Obrázek 3.3: Ultrazvuková technologie. Zdroj: [4].

### 3.2.4 Kapacitní technologie

Kapacitní senzor je složen z dvourozměrné matice mikro-kondenzátorových plošek zabudovaných do čipu. [10] Na povrchu těchto plošek je napařena vrstva nevodivého oxidu křemičitého. Jemnost vodivých plošek je vyšší než jemnost papilárních linií. [11] Kůže na prstu slouží jako druhá strana mikro-kondenzátorové plošky. Tímto se objeví odchylky v elektrickém náboji v důsledku odchylek vzdálenosti od výběžků otisků prstů a prohlubní otisků prstů ke snímači. Tyto malé kapacitní rozdíly slouží k získání snímků otisků prstů. [10]



Obrázek 3.4: Kapacitní technologie. Zdroj: [4].

### 3.2.5 Technologie elektrického pole

Senzory elektrického pole dokáží na rozdíl od optických nebo kapacitních snímačů vytvořit snímek otisku prstu pod vrstvou poškozené plochy. Tyto plochy mohou být způsobeny suchými kožními podmínkami, mozoly, řezy či různými druhy kožních onemocnění. Radiofrekvenční snímač vytváří elektrické pole kolem snímací oblasti, pomocí něhož může pole obrazových bodů měřit změny způsobené výběžky a prohlubněmi na prstu. Varianty elek-

trického pole se měří ve vodivé vrstvě, hranice mezi vnější vrstvou poškozené a nedotčené kůže. Elektrické pole je vytvořeno mezi prstem a příslušným polovodičem. [10]

### 3.3 Proces rozpoznávání otisku prstu

Obecně existují dvě fáze biometrického systému – registrační a verifikační/identifikační. Registrační funguje tak, že uživatel přiloží svůj registrovaný prst několikrát na plochu snímače, přičemž systém vypočítá průměr z těchto otisků prstů, aby vytvořil co nejkvalitnější šablonu. Druhý systém verifikační/identifikační funguje velmi podobně, ale odlišnost otisků prstů pocházejících ze stejného prstu může být značná (díky vnitrotřídní variabilitě), rovněž jako podobnost otisků pocházejících od naprosto odlišných jedinců (díky mezitřídní variabilitě). Rozpoznávání otisků prstů se skládá z 5 hlavních částí. [11] [10] Postup procesu je znázorněn na Obrázku 3.5.

#### 3.3.1 Získání otisku (vstupní obrázek)

Snímáním otisků prstů pomocí biometrických snímačů jsou získány jejich digitální snímky. Dochází zde také ke zpracování a extrakci papilárních linií ze snímku, přičemž je získán vhodný popis jejich podoby. Dále se při snímání rozlišují typy otisků, zda se jedná o válený, pícháný nebo latentní. [11] [10]

#### 3.3.2 Pole orientací

Toto je velice důležitý krok pro následující procesy. Z jednotlivých pixelů na snímku se získává směr papilární linie, který tvoří pole orientací. Pixely jsou vyobrazeny v odstínech šedé. Dle tónu šedé barvy z okolí každého pixelu se spočte směr papilární linie. Je-li pixel přímo na papilární linii (nejtmavší odstín šedé), určuje se s maximální pravděpodobností její směr. Prvním krokem v této fázi je vypočítání pole orientací pro každý pixel na obrázku. Druhým krokem je přeměna na blokové pole orientací, a to je následně namapováno na původní obrázek otisku prstu. [11]

#### 3.3.3 Extrakce papilárních linií

Nyní je potřeba převést snímek na jeho binární reprezentaci. Úpravy nám poskytnou obrázek černobílých papilárních linií (jednou z těchto úprav je škálování histogramu). Lze k tomu použít i různé prahovací metody (adaptivní prahové hodnoty nebo regionální průměrné hodnoty) – důležité je rozlišit papilární linie (výběžky) od pozadí (prohlubně). [11] [10]

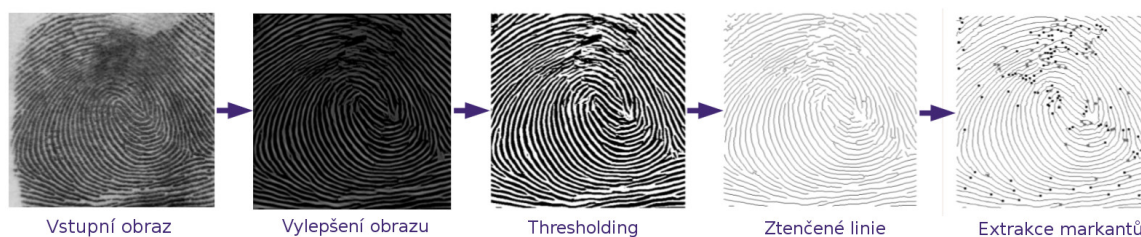
#### 3.3.4 Ztenčování linie

V předchozím kroku byl získán černobílý obrázek papilárních linií. Ty však mají různou šířku. Pro jednoduchost algoritmu na extrakci markantů (tvarů linie) se jejich tloušťka převede na velikost 1 bodu (pixelu) pro všechny části snímku otisku prstu. Papilární linie nesmí ubývat v žádném směru, aby nedošlo k problému s polohou markantů. [11] [10]

#### 3.3.5 Detekce a extrakce markantů

Tato část procesu využívá algoritmy detekující všechny markanty nalezené v otiscích prstů. Markanty, což jsou speciální změny v průběhu papilární linie, které se odlišují od ostatních,

se obecně rozdělují na dva základní typy: ukončení papilární linie a vidlička. Dalšími typy jsou například krátká čára, očko, háček, můstek, zkrížení a mnoho dalších, které jsou však jen různými kombinacemi výše zmíněných dvou základních typů. [11] [10]



Obrázek 3.5: Schéma zpracování otisku prstu. Zdroj: [8].

### 3.4 Detekce živosti

Detekce živosti u otisků prstů je velmi důležitá jak pro ověřovací systémy, tak i pro ty identifikační. Pro člověka v dnešní době není složité získat cizí otisk prstu. Dá se to provést s pomocí daktyloskopických prášků nebo napařovacími či nepráškovacími technikami, které otisk zviditelní na mnoha materiálech. Otisky zůstávají na všem, čeho se člověk dotkne a lze je získat téměř ze všech materiálů. Detekce živosti je tedy pro snímače otisků prstů nutná a existuje mnoho metod, podle kterých lze živost určit. Patří mezi ně například: detekce potu, spektroskopické vlastnosti, ultrazvukové technologie nebo fyzické vlastnosti. [11]

### 3.5 Syntetický otisk prstu

Vzhledem k neustále rostoucímu pokroku systémů pro rozpoznávání otisků prstů je v mnoha různých oblastech zapotřebí metodické a přesné vyhodnocení výkonnosti jejich algoritmů. Vyhodnocení je obvykle založeno na přesnosti rozpoznávání údajů z dat získaných testováním. Proces vyhodnocování se skládá ze 3 hlavních kroků [4]:

1. snímání otisků prstů,
2. funkce extrakce a přiřazení pro generování výsledných hodnot,
3. analýza výsledných hodnot za účelem výpočtu míry chyb.

Pro vyhodnocení a porovnání různých algoritmů jsou zapotřebí rozsáhlé databáze obsahující tisíce nebo desítky tisíc záznamů otisků prstů. Nicméně získání záznamů (snímků s otisky prstů) pro tak rozsáhlé databáze je [4] [14]:

1. drahé z hlediska peněz,
2. časově náročné,
3. problematické kvůli právním předpisům o ochraně soukromí, které se vztahují na biometrické údaje.

Generátory syntetických otisků prstů mohou být použity pro vytvoření rozsáhlých databází obsahujících snímky otisků prstů za „nulové náklady“ a umožnit tak testování a optimalizaci rozpoznávacích algoritmů. Byla představena a publikována řada metod, které vytvářejí autentické obrázky otisků. [4] [14]

### 3.6 Anguli: Generátor syntetických otisků prstů

Anguli je open-source<sup>1</sup> aplikace napsaná v jazyce C++. Jedná se o implementaci SFinGe na základě technik navržených v [5]. Hlavním účelem aplikace je umožnit jednoduché vytvoření obrázku syntetického otisku prstu. Na Obrázku 3.6 je možné vidět příklady otisků prstů vygenerovaných pomocí Anguli. Na obrázku 3.6a je zobrazena náhodná šablona otisku prstu, kterou program vygeneroval. Tato šablona je následně změněna grafickými úpravami, jako je přidání šumu a jemné „poškrábání“ obrázku. Výsledkem předchozích změn je Obrázek 3.6b. Anguli je kompatibilní s operačními systémy Windows a Linux. [19]

Rozlišení vygenerovaných obrázků je 275 px na šířku a 400 px na výšku.



Obrázek 3.6: (a) Syntetický otisk (šablona) generovaný programem Anguli. (b) Výsledný obrázek po grafických úpravách šablony provedených programem Anguli.

Prívětivé uživatelské rozhraní umožňuje vytvářet libovolný počet otisků prstů s různými konfiguracemi. Mezi hlavní funkce Anguli patří: [19]

- generování více výsledných zobrazení z generovaného otisku prstu (šablony),
- ukládání metadat,
- nastavení množství otisků prstů, které mají být uloženy v jednom adresáři,
- procentuální nastavení pro přidání šumu a „poškrábání“ obrázku,
- rozsah pixelů, kterými jsou otisky prstů transformovány.

#### 3.6.1 Průvodce programem Anguli

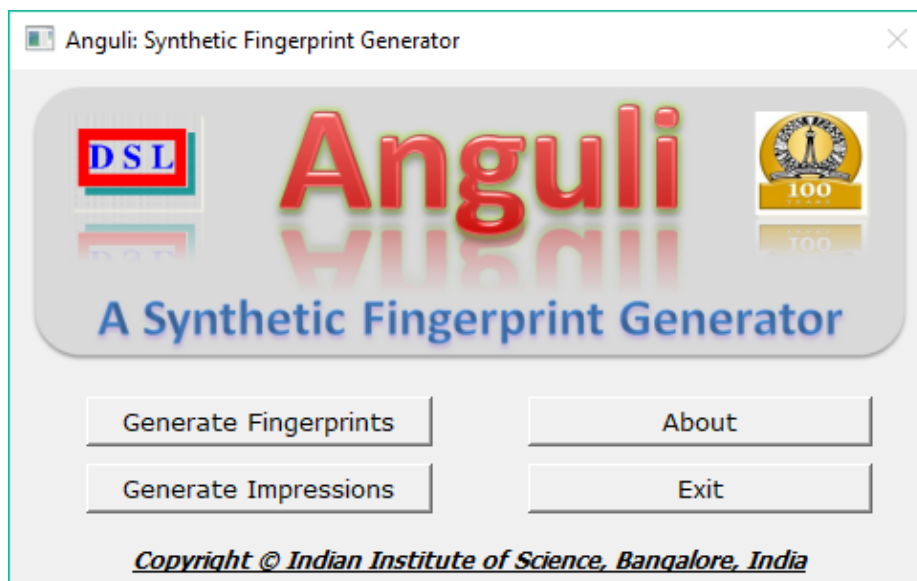
Program je volně ke stažení na oficiálních webových stránkách<sup>2</sup>. Následující text slouží jako zjednodušený návod a nelze jej brát jako plnohodnotný manuál, který lze nalézt na webu

---

<sup>1</sup>zdrojový kód je veřejně k dispozici

<sup>2</sup><http://dsl.cds.iisc.ac.in/projects/Anguli/>

Anguli. Aplikaci není nutné instalovat. Stačí pouze rozbalit stažený archivovaný soubor a spustit soubor „Anguli.exe“. Po spuštění se zobrazí hlavní menu programu s jeho funkcemi.



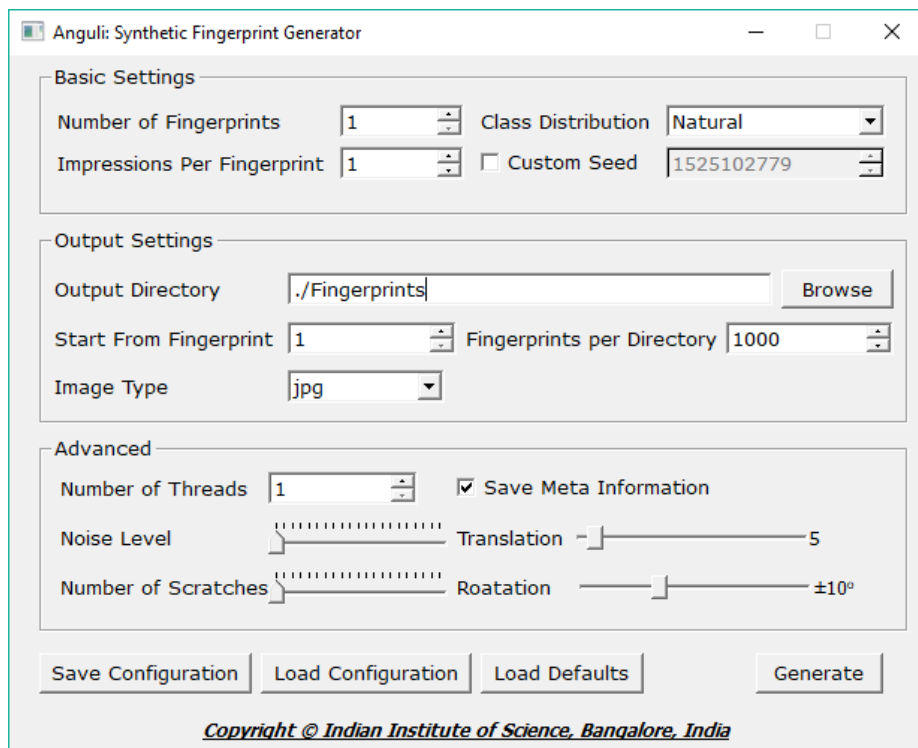
Obrázek 3.7: Anguli: hlavní menu programu.

Na Obrázku 3.7 lze vidět 4 tlačítka. Tlačítko s nápisem „Generate Fingerprints“ slouží pro vygenerování náhodné šablony otisku prstu a jeho výsledného obrázku. Naopak tlačítko s nápisem „Generate Impressions“ vygeneruje obrázek (impression) výsledného otisku z již existující šablony.

### **Generování otisku prstu**

Pokud nemáte žádné vygenerované šablony otisků prstů nebo chcete vytvořit nové, klikněte na tlačítko s nápisem „Generate Fingerprints“. Zobrazí se okno pro nastavení konfigurací.



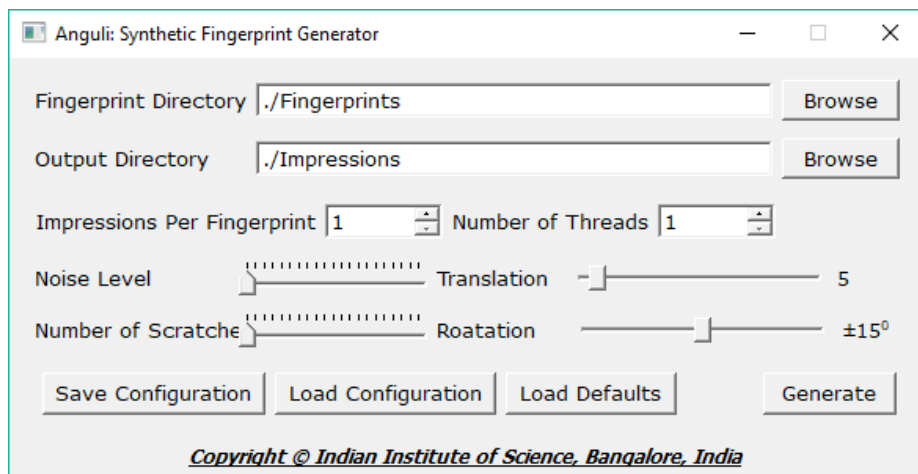


Obrázek 3.8: Anguli: nastavení konfigurací.

Na Obrázku 3.8 je zobrazen konfigurační nástroj pro generování otisků prstů. Mezi hlavní nastavení patří počet generovaných snímků (Number of Fingerprints), počet generovaných snímků z jedné šablony (Impressions Per Fingerprint), typ obrázku (Image Type), rozsah šumu (Noise Level) a „poškrábání“ (Number of Scratches), rotace otisku (Rotation) a translace otisku (Translation). Po provedení požadovaných změn nastavení, zvolte cílovou cestu ke složce (pole „Output Directory“), kam se budou vygenerované obrázky ukládat. Kliknutím na tlačítko „Generate“ začne proces generování syntetických otisků prstů. Po skončení procesu přejděte do složky, kterou jste zadali jako cílovou pro generování. Uvnitř najdete složku s názvem „Fingerprints“ obsahující obrázky generovaných otisků a složku „Impression“, která obsahuje generované obrázky šablon pro jednotlivé otisky.

### Generování otisku prstu ze šablony

K tomuto generování je zapotřebí mít obrázek (šablonu) otisku prstu, ze kterého se bude generovat výsledný otisk. Můžete použít vlastní nebo vygenerovaný v podsektci 3.6.1 ([cílová složka]/Impression). V hlavním menu (Obrázek 3.7) klikněte na tlačítko s nápisem „Generate Impressions“.



Obrázek 3.9: Anguli: nastavení konfigurací – generování ze šablony.

Zobrazí se konfigurátor pro generování otisku prstu z existujících šablon (Obrázek 3.9). Začněte vyplněním zdrojové složky (Fingerprint Directory) obsahující obrázky (šablony) otisků prstů a cílové složky (Output Directory), kam budou uloženy vygenerované snímky otisků prstů. Konfigurátor neumožňuje provést tolik změn nastavení jako je tomu u 3.6.1. Je zde však možné nastavit rozsah šumu (Noise Level) a „poškrábání“ (Number of Scratches), rotaci otisku (Rotation) a translaci otisku (Translation). Kliknutím na tlačítko „Generate“ začne proces generování syntetických otisků prstů.



## Kapitola 4

# Kožní onemocnění

V současné době je zaznamenáno již několik desítek typů kožních onemocnění a nelze přesněji určit počet lidí, kteří těmito nemocemi trpí. Důvodem je, že nemoci mají různé fáze projevu a někteří lidé ani nemusí vědět, že nějakou nemocí trpí. Tato práce se však zabývá tou skupinou lidí, která má viditelné projevy kožních onemocnění na různých částech svého těla. Výlučně se zaměřuje na onemocnění postihující konečky prstů, které ovlivňují biometrické systémy. [10]

V následujícím textu budou popsána kožní onemocnění, která napadají ruce a otisky prstů rozdělené do tří skupin. Kožní onemocnění způsobující: a) *změnu struktury papilárních linií*, b) *změnu struktury papilárních linií a barvy pokožky*, c) *změnu barvy pokožky*. Onemocnění u kategorie „c“ nejméně ovlivňují kvalitu výsledného snímku při snímání otisků prstů. Naopak u kategorie „a“ a „b“ jsou nemocí zasaženy papilární linie a v případě jejich změn je často nemožné rozpoznat jejich původní zakřivení, v následku čehož je často nemožné správně rozpoznat uživatelskou totožnost pomocí technologie pro snímání otisků prstů. [10] [8]

### 4.1 Onemocnění způsobující změnu struktury papilárních linií

#### 4.1.1 Ekzém konečků prstů

Může se vyskytovat u dětí i dospělých důsledkem alergické reakce nebo z neznámé příčiny. Ekzém špičky prstu se projevuje velmi suchou a zánětlivou pokožkou, avšak jedná se o neinfekční chorobu. Kůže je ze začátku vlhká a poté se stane suchou, popraskanou a šupinatou. Tento proces vede k odlupování kůže z konečků prstů. Pod ní je povrch kůže červený, popraskaný, bolestivý a bez struktury kožní linie. Nemoc může zasáhnout jeden nebo více prstů a je odolná vůči léčbě. [10] [15]



Obrázek 4.1: Ekzém konečků prstů. Zdroj: [2].

#### 4.1.2 Bradavice (verruca vulgaris)

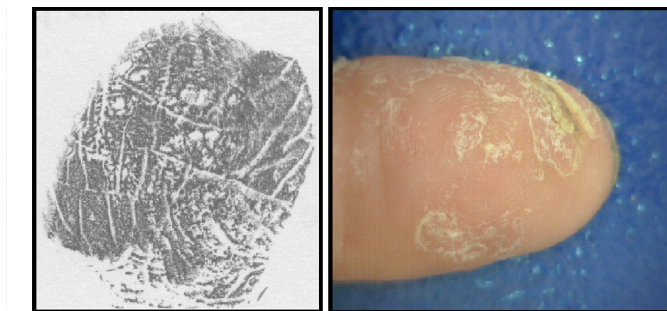
Jedná se o projev virové infekce na kůži. Bradavice se nacházejí nejčastěji na rukách, ale mohou se vyskytovat i kdekoli jinde na těle. V okolí větších bradavic se často vysévají menší bradavičky. Lze je přenášet přímým nebo nepřímým kontaktem. Projevují se jako vyvýšené hrbolky s drsným povrchem tvořeným navrstvenou rozpraskanou rohovinou. [26] Běžné bradavice se vyskytují převážně u lidí ve věku od 5 do 20 let a pouze v 15 % případů u lidí starších 35 let. Jsou způsobovány častým kontaktem s vodou, masem a rybami. Největší výskyt bradavic je tedy u osob, které pracují s masem. [10]



Obrázek 4.2: Bradavice. Zdroj: [2].

#### 4.1.3 Atopická dermatitida (AD)

Atopická dermatitida známá také jako atopický ekzém je chronické onemocnění kůže, které se často vyskytuje u pacientů s anamnézou respirační alergie. Může být rozdělena do tří klinických forem: infantilní AD, vyskytující se ve věku od 2 měsíců do 2 let; dětská AD ve věku od 2 až 10 let a adolescentní/dospělá AD, vyskytující se později. Ve všech fázích je charakteristickým příznakem svědění, které vede k reflexnímu škrábání postiženého místa. Dalším projevem AD je tření a zanesení infekce, což se projevuje krustami a puchýři. [16] Kůže je tedy v postižených místech zarudlá s pupínky a puchýři, které mohou i mokvat a následně tvořit stroupky a šupinky. [20]



Obrázek 4.3: Atopická dermatitida. Zdroj: [2].

## 4.2 Onemocnění způsobující změnu barvy pokožky

### 4.2.1 Syndrom ruka - noha - ústa (HFMD)

Toto onemocnění nepatří mezi vážná. Primárně postihuje děti ve věku od 2 do 10 let, ale i dospělí, kteří jsou tomuto onemocnění vystaveni. HFMD se přenáší přímo z člověka na člověka. Infekční jsou sliny, sekrety z nosu a úst, tekutina z puchýřků a stolice. K přenosu může docházet také nepřímo, a to prostřednictvím předmětů, které jsou kontaminovány sekrety nemocného člověka. Léčba onemocnění HFMD je pouze asymptonická a zaměřuje se na snížení teploty, tlumení bolesti a dostatek tekutin. U nemocného člověka se objevují asymptomatické červené papuly, které se rychle stanou malými, šedými puchýřky. Tyto puchýřky mají většinou oválný tvar a jsou obklopené červenými kruhy. [10] [12]

### 4.2.2 Epidermolytická hyperkeratóza

Jedná se o poruchu kůže, která se vyskytuje při narození. Děti postižené touto nemocí mohou mít červenou kůži (erythrodermie) a závažné puchýře. V průběhu stárnutí jsou puchýře méně časté, erythrodermie se stává méně zřejmou a kůže je silnější (hyperkeratotická). Tato kůže je obvykle tmavší než normální a mohou v ní růst bakterie způsobující zřetelný zápach. [13]

### 4.2.3 Xanthomy

Papulózní, nodulární a plošné útvary v kůži a šlachách, které jsou způsobené nahromaděním histiocytů naplněných lipidy. Mohou mít žlutohnědé, růžové nebo oranžové zbarvení. Důležitou podmínkou jejich vzniku je mechanické namáhání tkáně (např. oční víčka), do které se lipoproteiny ukládají. Šlachové xanthomy se vyskytují podél kolen, loktů a Achillovy šlachy. Tyto poruchy mohou být idiopatické nebo také druhotnými příznaky leukemie. [10] [6]

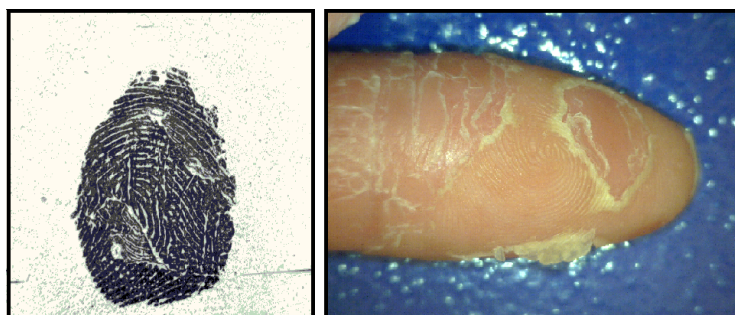
## 4.3 Onemocnění způsobující změnu struktury papilárních linií a barvy pokožky

### 4.3.1 Psoriáza (psoriasis vulgaris)

Psoriáza nebo také lupénka je chronické onemocnění imunitního systému a je jedním z nejčastějších kožních onemocnění. Touto nemocí trpí 2–3 procenta celé lidské populace. Nej-

častěji se projevuje u osob mezi 10–25 a 35–60 lety. U pacientů s touto nemocí se změny kůže projevují během několika málo dní. Onemocnění se projevuje kdekoliv na těle, včetně rukou, nohou, krku a oblasti hlavy, naopak málokdy se projeví na nehtech, v ústech nebo v okolí genitálií. [17]

Lupénka je způsobena imunitním systémem, který nebojuje proti „útočníkům“ jako jsou bakterie ohrožující náš systém, ale proti vlastním tkáním těla. Příčina je taková, že imunitní systém u pacientů je nadměrně aktivní. Zatímco u zdravého člověka se vytváří nové kožní buňky přibližně 28–30 dní, u postiženého lupénkou se vytvoří už během 3–4 dní a jsou vytlačeny na povrch. Na takovou situaci není naše tělo zvyklé a dochází k hromadění starých buněk. Tímto se na povrchu tvoří svrbivé, stříbrně vločkovité skvrny známé jako plaky. [10] [17]



Obrázek 4.4: Psoriáza. Zdroj: [2].

#### 4.3.2 Raynaudův fenomén (RF)

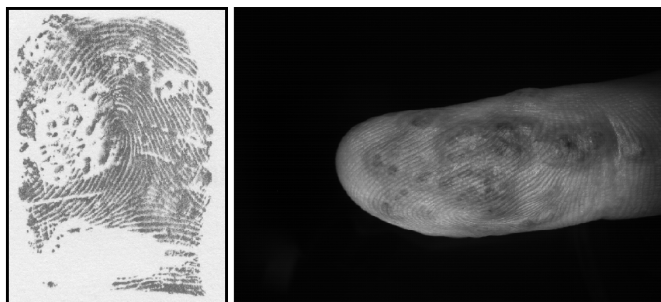
Tato nemoc se může vyskytovat u dětí, dospělých nebo u žen v menopauze. RF je prstová ischemie (nedokrevnost) a postihuje lidi při nachlazení nebo v důsledku emočního stresu. Nejvíce se objevuje u lidí, kteří používají vibrační nástroje. Hlavními faktory způsobujícími toto onemocnění jsou: chlad, duševní stres, určité povolání a kouření. Počátečním příznakem je výrazné zblednutí prstů na rukou, které následuje zmodrání a poté zčervenání způsobující bolest. [10]



Obrázek 4.5: Raynaudův fenomén. Zdroj: [2].

#### 4.3.3 Dishydróza

Dishydróza se vyskytuje na dlaních a bočních stranách prstů. Příznakem je svědění na postiženém místě, kde se následně vytváří puchýřky. Ty se během 3 až 4 týdnů pomalu rozpadají a nahrazují je 1 až 3 mm velké kruhové šupiny. Následně je pokožka na daném místě velmi suchá. Příčina onemocnění je neznámá, ale existuje spojení se stresem. [10]



Obrázek 4.6: Dishydróza. Zdroj: [2].

## 4.4 Databáze snímků s kožními onemocněními

Praktická část této práce využívá již existující snímky otisků prstů a vychází tedy z přechozího výzkumu na Fakultě informačních technologií VUT v Brně. Zejména se jedná o databázi nemocných otisků prstů. Databáze obsahuje více než 2000 snímků otisků prstů od pacientů, kteří trpí různými druhy kožních onemocnění. Snímky otisků prstů byly získány od 44 pacientů a celkem bylo získáno 12 typů kožních onemocnění. Věk těchto pacientů se pohybuje mezi 19 a 84 lety. [2] [8] [3]

### 4.4.1 Metodika při získávání databáze

Databáze nemocných otisků prstů byla nashromážděna ve spolupráci s lékařskými odborníky. Byly navrženy speciální daktyloskopické stanice, které sloužily k získávání snímků s otisky od pacientů. Tyto speciální stanice byly vybaveny: [2]

- notebookem s nainstalovanou aplikací pro snímání,
- sadou elektronických daktyloskopických snímačů:
  - Sagem MSO 300 (optický senzor)
  - UPEK EikonTouch 500 (kapacitní)
  - UPEK Eikon II Fingerprint Reader (kapacitní průtahový)
  - TBS 3D Enroll Series 2011 (optický multispektrální)
  - digitální mikroskop DinoLite Pro
- daktyloskopickými kartami a speciálním inkoustem,
- laboratorním stojanem pro digitální mikroskop.





Obrázek 4.7: Speciální daktyloskopická stanice. Zdroj: [8].

#### 4.4.2 Analýza databáze

Databáze snímků otisků prstů s kožními onemocněními byla analyzována aby poskytla pevný základ pro budoucí výzkum. Pro každou konkrétní nemoc byly nalezeny snímky s běžnými příznaky tohoto onemocnění a byl definován jejich obecný popis s vlivy na pokožku.

Většina snímků otisků prstů byla získána pomocí daktyloskopické karty a počet snímků s konkrétní chorobou je znázorněn na Obrázku 4.8. [2]

<b>Onemocnění</b>	<b>Počet otisků prstů v databázi</b>	<b>V procentech [%]</b>	<b>Počet pacientů</b>
Fingertip eczema	1,107	51.132	17
Psoriasis vulgaris	326	15.058	9
Dyshidrotic eczema	247	11.409	4
Hyperkeratotic eczema	118	5.450	2
Verruca vulgaris	96	4.434	4
Scleroderma	50	2.310	1
Acrodermatitis continua	40	1.848	1
Colagenosis	36	1.663	1
Raynaud's phenomenon	9	0.416	1
<i>Effusion of fingers</i>	35	1.617	1
<i>Cut wound</i>	18	0.831	2
<i>"Unknown" disease</i>	83	3.834	1
<b>Celkem</b>	<b>2,165</b>		<b>44</b>

Obrázek 4.8: Obsah databáze. Zdroj: [3].

Generování subjektů pro jednotlivá onemocnění v této práci vychází ze statistiky, která byla provedena v rámci přechozího výzkumu na Fakultě informačních technologií VUT v Brně.

Pozorováním a porovnáním obrázků otisků prstů bylo definováno 12 společných prvků. Pro tuto práci využiji 7 z nich: [2]

- přímé linie (SL),
- mřížka (G),
- malá přerušení papilárních linií (PLD),
- malé „gepardí“ skvrny (CS),
- větší kulaté/podlouhlé skvrny (ROS),
- velké nepravidelné skvrny (IS) a
- tmavá místa (DP).

Pro každé onemocnění byly vypočítány jeho obrazové vlastnosti, které je možné vidět na Obrázku 4.9. Snímky získané z optických skenerů byly vyloučeny, protože je jejich charakter výrazně odlišný od jiných skenovacích zařízení. Počet snímků použitých pro výpočet je uveden v poli „Sum“. [2]

	Procentuální podíl jednotlivých prvků [%]							
<b>Onemocnění</b>	<b>SL</b>	<b>G</b>	<b>PLD</b>	<b>CS</b>	<b>ROS</b>	<b>IS</b>	<b>DP</b>	<b>Sum</b>
Fingertip eczema	72.03	24.65	15.91	12.24	32.34	16.61	15.73	572
Psoriasis vulgaris	40.37	6.42	2.75	12.84	48.17	32.57	62.84	218
Dyshidrotic eczema	63.11	7.38	14.75	18.03	78.69	29.51	32.79	122
Hyperkeratotic eczema	3.92	0	66.67	15.69	74.51	3.92	5.88	51
Verruca vulgaris	3.17	0	14.29	12.7	74.6	0	25.4	63
Scleroderma	0	0	0	0	0	0	30.43	23
Acrodermatitis continua	14.29	0	0	85.71	60	14.29	65.71	35
Colagenosis	100	78.13	0	0	15.63	0	25	32
Raynaud's phenomenon	0	0	100	0	0	0	0	8
Effusion of fingers	10	0	73.33	43.33	63.33	6.67	13.33	30
Cut wound	93.75	0	0	0	18.75	0	12.5	16
“Unknown” disease	100	86.67	0	0	76.67	30	73.33	30

Obrázek 4.9: Lokální prvky poškozených snímků. Zdroj: [2].

## Kapitola 5

# Návrh algoritmu

Následující kapitola popisuje projevy konkrétních kožních onemocnění na snímcích otisků prstů, návrh algoritmu a jeho modelu. Tento model zobrazuje průběh simulace kožního onemocnění do syntetických otisků prstů. Syntetické otisky vytváří program Anguli. Jedná se o dvě kožní onemocnění – atopický ekzém (atopická dermatitida) a psoriáza (lupénka).

### 5.1 Cíle programu

Program slouží k vytvoření obrázků s otiskem prstu, na kterém lze spatřit obecné příznaky konkrétního onemocnění. Využívá k tomu obrázek syntetického otisku, do kterého jsou vloženy subjekty typické pro dané kožní onemocnění. Na základě vstupních parametrů programu lze nastavit stupeň výsledného poškození. Pro dosažení co nejpřesnějších projevů jednotlivých onemocnění jsou jejich znaky (subjekty) extrahovány z existujících snímků z kapitoly 4.4.

Jednotlivé body pro dosažení požadovaného výsledku jsou sepsány níže:

1. Načtení existujících snímků otisků prstů, které jsou poškozené konkrétním onemocněním.
2. Extrakce poškozených částí snímků (subjektů), které definují dané onemocnění.
3. Vložení extrahovaných subjektů do obrázku syntetického otisku prstu.

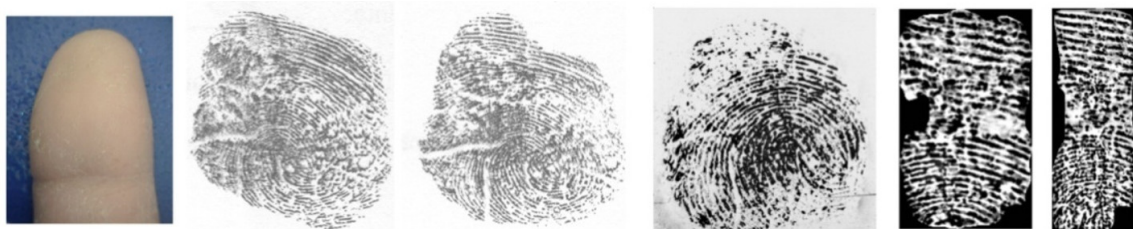
Cíle programu bylo dosaženo naprogramováním konzolové aplikace. Detailnější popis jednotlivých kroků a jejich implementace je popsána v dalších částech této práce.

### 5.2 Vliv kožního onemocnění na snímek otisku prstu

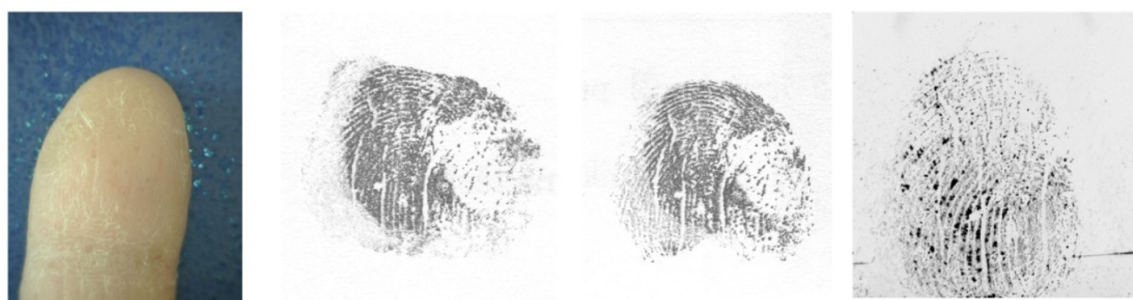
Kožní onemocnění u člověka může při získávání otisků prstů zhoršit kvalitu snímku nebo jej zcela znehodnotit. Nekvalitní snímek nelze považovat za spolehlivý a většina biometrických systémů si s ním neporadí. Pokud kožní onemocnění zasáhne epidermální vrstvu a nenávratně ji zničí, tak struktura papilárních linií nemůže být obnovena. V tomto případě už nemůže postižený člověk nikdy používat systémy pro rozpoznávání osob podle otisků prstů. [10] Technologie na rozpoznávání otisků prstů jsou v současnosti nejvíce využívanou metodou. Jak tedy postupovat v případě, že člověk trpí kožním onemocněním, které mu zabraňuje tyto technologie využívat?



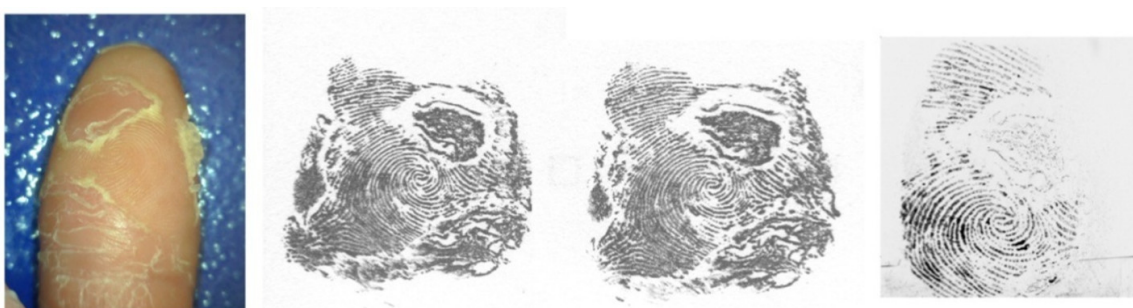
Jak se promítne kožní onemocnění (atopický ekzém, lupénka) na výsledný snímek otisku prstu můžete spatřit na obrázcích 5.1, 5.2 a 5.3.



Obrázek 5.1: Mírný atopický ekzém. Zdroj: [8].



Obrázek 5.2: Pokročilý atopický ekzém. Zdroj: [8].



Obrázek 5.3: Lupénka. Zdroj: [8].

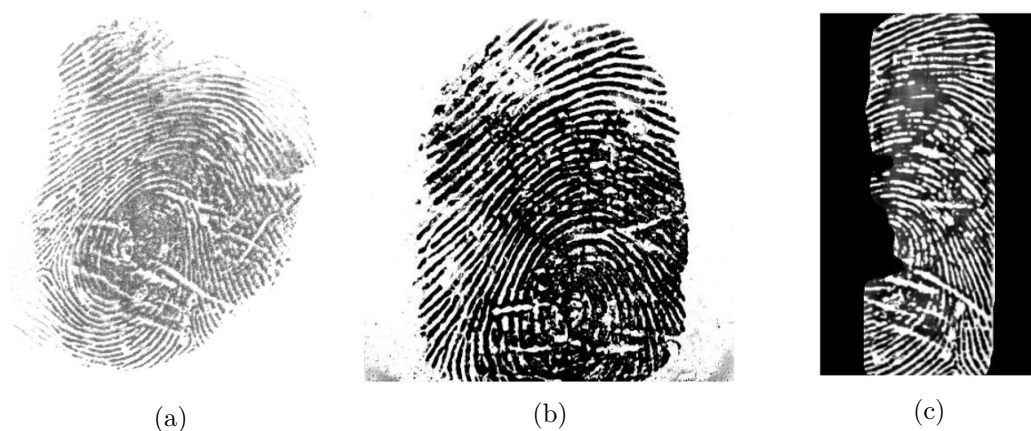
## 5.3 Analýza projevů kožního onemocnění na snímku otisku prstu

Prvním důležitým krokem je popsát, jak se onemocnění projevují na snímcích otisků prstů. Jak ovlivňují výsledný obrázek, a které subjekty jsou v něm obsaženy. Program Anguli vygeneruje syntetický snímek otisku prstu a úkolem algoritmu je projevy nemoci do něj promítnout.

### 5.3.1 Atopický ekzém

Pro porovnání byly vybrány 3 otisky prstů získané různými senzory. Na obrázcích lze vidět rozdíly mezi typy senzorů. Na Obrázku 5.4a je inkoustový otisk, na Obrázku 5.4b otisk

získaný technologií Sagem MSO 300 a Obrázek 5.4c zobrazuje otisk získaný pomocí senzoru UPEK Eikon II.

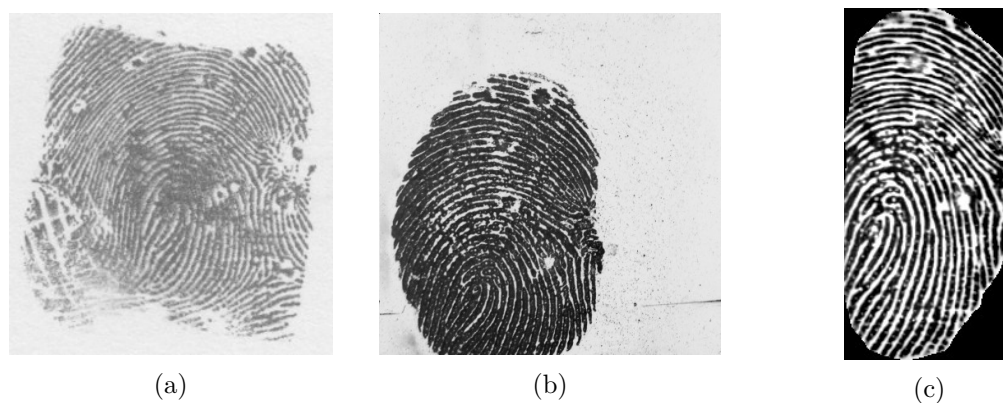


Obrázek 5.4: Stejný otisk prstu postiženého atopickou dermatitidou získaný různými senzory. Zdroj: [4].

Na snímcích otisků prstů (Obr. 5.4) s touto nemocí se nejvíce objevují tenké bílé čáry, které překrývají černé papilární linie. Nejčastěji jsou orientovány horizontálně, ale v některých případech se objevují i vertikální čáry. Krom těchto čar se mohou objevovat i menší bílé subjekty, které jsou způsobeny puchýřky na prstech. Tyto subjekty také ruší strukturu otisku prstu.

### 5.3.2 Lupénka (psoriáza)

Stejně jako u atopického ekzému se snímky otisků prstů liší podle typu senzoru, kterým byly nasnímány. Na následujícím Obrázku 5.5 lze vidět snímky s projevy tohoto onemocnění zaznamenané třemi různými typy technologií.



Obrázek 5.5: Stejný otisk prstu postiženého lupénkou (psoriázou) získaný různými senzory. Snímky z databáze: 4.4.

Na snímcích otisků prstů (Obr. 5.6) postižených lupénkou lze spatřit velké bílé subjekty. Jsou způsobené plaky, které se tvoří na povrchu kůže. Na Obrázku 5.6a lupénka zcela zničila strukturu papilárních linií a jsou zde vidět jen její malé části v levém dolním rohu. Snímek

tvoří převážně tmavý šum. Na obrázcích 5.6c a 5.6d jsou uvnitř bílých ploch vidět malé černé částečky, které jsou pozůstatky papilárních linií. Oproti atopické dermatitidě jsou zde bílé subjekty rozrostlejší a papilární linie uvnitř bývají většinou zcela poškozené.



(a)



(b)



(c)



(d)

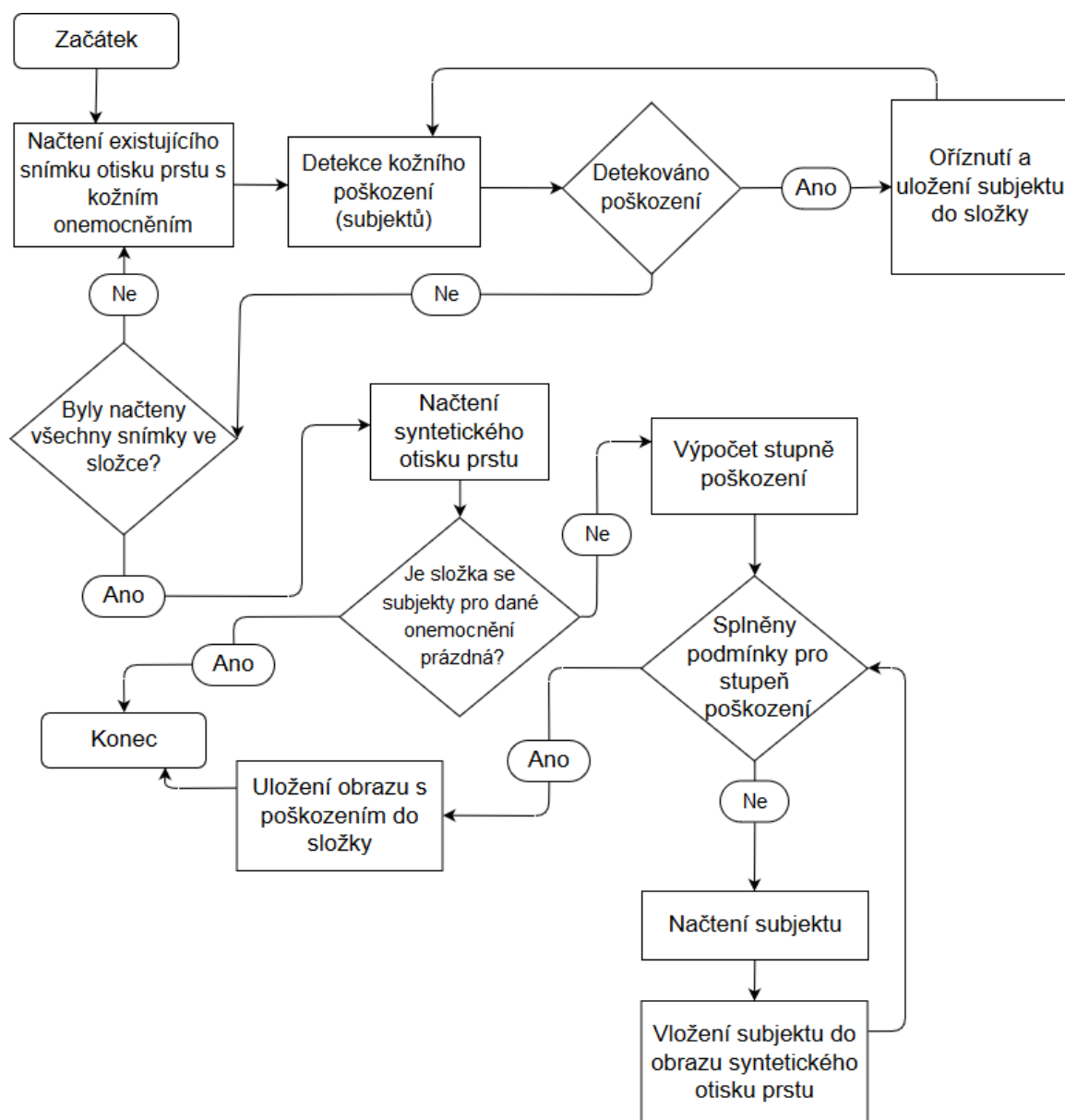
Obrázek 5.6: Snímky otisků prstů s onemocněním lupénky. Snímky z databáze: 4.4.

## 5.4 Model a návrh algoritmu

Na následujícím Obrázku 5.7 je zobrazen vývojový diagram pro generování kožního onemocnění do syntetického otisku prstu. Skládá se z jednotlivých kroků, které vedou k vytvoření finálního snímku s daným onemocněním.

Vysvětlení k jednotlivým prvkům, které se vyskytují ve vývojovém diagramu:

- obdélníkový element se zaoblenými rohy značí začátek/konec a výsledky podmínek ano/ne
- obdélník s ostrými rohy značí akci, která se provádí
- kosočtverec určuje podmínky k rozhodnutí, kudy pokračovat



Obrázek 5.7: Vývojový diagram generování kožního onemocnění do syntetického otisku prstu.

Program sám nevytváří žádné grafické objekty, které by definovaly dané kožní onemocnění, ale získává je z reálných snímků, které byly získány od pacientů. Detailnější popis algoritmu upřesní, jak celý proces generování poškození probíhá:

1. Zpracování vstupních parametrů.
2. Načtení snímku otisku prstu s poškozením od pacienta ze složky. Pokud byly načteny již všechny snímky přejde se na bod 5.
3. Detekce poškozených ploch. Program vyhledá větší bílé/černé kontury vyskytující se v načteném snímku. Pro každé onemocnění se rozlišuje různá velikost kontur, které mají být vybrány.



4. Pokud nejsou detekovány žádné poškozené plochy, opakuje se bod 2 a načítá se další snímek v pořadí. V případě, že jsou nalezeny požadované kontury, proběhne proces jejich extrakce. Každá kontura se ořízne podle její velikosti, provede se její škálování a následně se uloží do souboru jako samostatný obrázek (subjekt).
5. Načtení syntetického otisku prstu ze složky.
6. Získá se velikost plochy otisku prstu (jen část, která definuje otisk).
7. Zkontroluje se obsah složky obsahující poškození pro generované onemocnění. Pokud je složka prázdná, není dále co generovat a program je ukončen.
8. Na základě vstupních hodnot programu se určí, kolik subjektů se vloží do obrázku syntetického otisku.
9. Načte se obrázek poškození (subjekt) ze složky pro dané onemocnění.
10. Získá se velikost obrázku subjektu.
11. Na základě velikosti plochy otisku získané v bodě 6 a velikosti obrázku subjektu získaného z přechodního bodu se provede výpočet pro umístění subjektu načteného v bodě 9.
12. Provede se vložení subjektu do obrázku syntetického otisku prstu na pozici, která byla vypočítána v přechodním kroku.
13. Pokud není vložen požadovaný počet subjektů, opakuje se bod 9 a načítá se další subjekt v pořadí.
14. Obrázek syntetického otisku prstu s generovaným poškozením je uložen do složky.

## Kapitola 6

# Implementace

Aplikace byla naprogramována v jazyce C++ ve vývojovém prostředí Code::Blocks za použití knihovny Computer Vision library OpenCV verze 3.2 (BSD licence). Jedná se o konzolovou aplikaci, které lze zadat vstupní parametry určující její jednotlivé funkce. Program používá funkce z knihovny `windows.h` pro práci se soubory v systému Windows. V následujícím textu jsou podrobněji posány hlavní funkce programu, které slouží k dosažení výsledného obrázku otisku prstu s poškozením. Zjistíte, jaké grafické úpravy byly provedeny nad jednotlivými snímky, a jak byly tyto úpravy implementovány. Aplikace se skládá ze dvou souborů, zdrojového a hlavičkového.

Následující popis implementace vychází z návrhu, který je obsažen v kapitole 5. Před začátkem spuštění programu musí být ve složce `Anguli-fingerprints` obrázek (jeden nebo více) syntetického otisku prstu, který bude poškozen.

### 6.1 Parametry programu

Aplikaci lze zadat vstupní parametry, které určí kolik subjektů bude do obrázku syntetického otisku vloženo a jaké onemocnění se bude generovat. V případě, že nejsou zadány žádné parametry, proběhnou všechny funkce programu v následujícím pořadí:

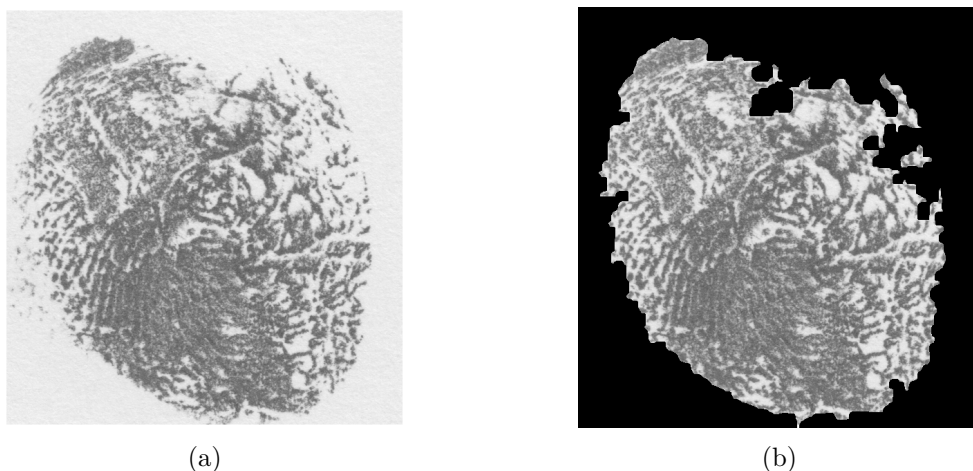
1. Extrakce a uložení subjektů ze snímků otisků prstů s atopickým ekzémem.
2. Generování poškození atopického ekzému do obrázku syntetického otisku prstu – výchozí počet vložených subjektů je 40.
3. Extrakce a uložení subjektů ze snímků otisků prstů s psoriázou.
4. Generování poškození psoriázy do obrázku syntetického otisku prstu – výchozí počet vložených subjektů je 40.

Pomocí parametru `-d` je možné nastavit počet subjektů vkládaných do obrázku syntetického otisku prstu. Je také možné nastavit generování konkrétního poškození pomocí parametru `-type`. Oba tyto parametry lze zadat současně. Příklady použití parametrů:

- `-d pocetSubjektu`
- `-type [atopic|psoriasis]`
- `-type [atopic|psoriasis] -d pocetSubjektu`

## 6.2 Extrakce subjektů

Ze složky, která obsahuje snímky s kožním onemocněním, jsou jednotlivě načteny obrázky a na nich jsou následně provedeny grafické úpravy k detekování poškozených ploch. Složky (`Snímky_atopic` a `Snímky_lupenka`) obsahující poškozené snímky nesmí být prázdné. Funkce v této sekci byly použity pro extrakci poškozených ploch ze snímků otisků prstů s psoriázou i atopickým ekzémem. První úprava přidá načtenému obrázku rámeček o velikosti 5 px z každé strany. Orámování provádí funkce `borderTheImg()` a přidává se proto, aby nedošlo k chybě při procesu detekce plochy otisku prstu. Druhou úpravou snímku je změna barvy pozadí otisku prstu z bílé na černou. K tomu slouží funkce `addColorToBackgroundImg()`, která detekuje plochu otisku prstu a obarví zbylé části obrázku na zvolenou barvu („black“). Načtený snímek a výsledek funkce je znázorněn na Obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: (a) Načtený snímek ze složky s onemocněním psoriáza. (b) Výstup funkce `addColorToBackgroundImg()`.

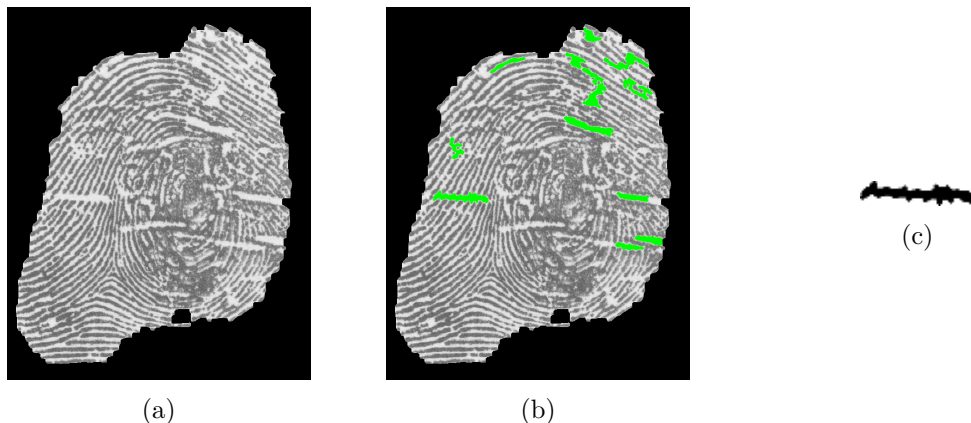
Funkce `addColorToBackgroundImg()` načte snímek ze složky a vytvoří vrstvy tohoto snímku pro grafické změny. Poté tyto změny aplikuje na načtený snímek. Grafické úpravy jsou provedeny funkcemi z knihovny OpenCV. Jedná se o funkce `threshold()` (prahování), `cvtColor()` (konvertování barev), `blur()` (rozmazání), `erode()` (zvýraznění tmavých barev), `dilate()` (zvýraznění světlých barev) a `Canny()` (selekce kontur). Krok pro obarvení pozadí z bílé barvy na černou slouží k tomu, aby zůstala bílá barva pouze uvnitř plochy otisku prstu a nedocházelo tak k detekci poškozených ploch mimo otisk.

Po obarvení pozadí snímku otisku prstu následuje detekce a uložení poškozených ploch (subjektů) do konkrétní složky. Princip detekce se různí podle druhu kožního onemocnění. Jednotlivé způsoby jsou popsány dále.

### 6.2.1 Atopický ekzém

Detekci poškozených ploch atopického ekzému zajišťuje funkce `saveAtopicSubjects()`, která má zadáný jako parametr výstup funkce `addColorToBackgroundImg()`. Podobný princip jako u detekování plochy otisku prstu je použit i pro detekování poškozených ploch. Bylo potřeba vybrat větší bílé plochy uvnitř otisku, které definují poškození. K tomuto kroku byly použity opět funkce z knihovny OpenCV. Velikost ploch, které mají být vybrány, je v rozmezí 370–5000 px. Určená velikost vychází z analýzy poškozených snímků

a průběžného testování. Na Obrázku 6.2b lze vidět detekci subjektů atopického ekzému. Z každého zeleného subjektu z Obr. 6.2b se vytvoří nový ořezaný obrázek obsahující daný subjekt v bílé barvě. Před uložením obrázku je nutné provést úpravy popsané v 6.2.3. Na Obrázku 6.2c lze vidět jeden z výsledných subjektů poškození.



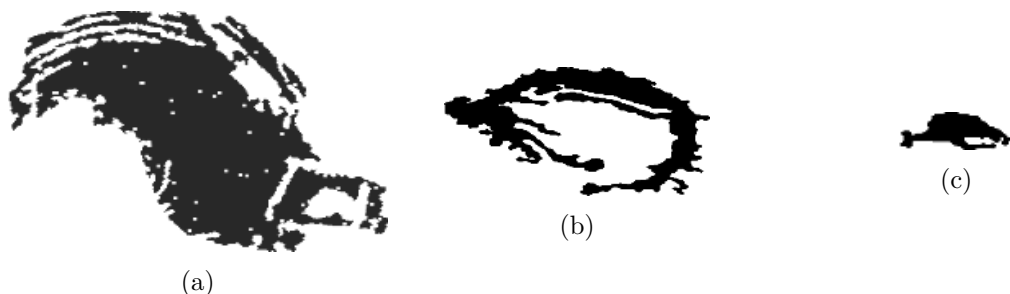
Obrázek 6.2: (a) Vstup funkce `saveAtopicSubjects()`. (b) Detekce poškozených ploch atopického ekzému. (c) Obrázek uloženého subjektu (zvětšený a obarvený černou barvou pro lepší viditelnost).

### 6.2.2 Psoriáza (lupénka)

Princip extrakce poškozených ploch u snímků s psoriázou je podobný jako u atopického ekzému (6.2.1). Rozdíl je v tom, že subjekty psoriázy jsou rozděleny do kategorií podle jejich velikosti a barvy. U psoriázy se navíc detekují i tmavé poškozené plochy. Způsob detekce tmavých ploch je stejný jako u bílých. Kategorie subjektů psoriázy jsou:

- subjekty černé barvy (velikost 5000–34000 px)
- malé bílé subjekty (velikost 370–6000 px)
- velké bílé subjekty (velikost 6000–25000 px)

Příklady uložených subjektů jsou na Obr. 6.3 (obrázky jsou zvětšené a bílé subjekty jsou obarveny černou barvou pro lepší viditelnost). Před uložením obrázku do odpovídající složky podle kategorie je nutné provést úpravy popsané v 6.2.3



Obrázek 6.3: Zvětšené a obarvené obrázky subjektů psoriázy. (a) Tmavý subjekt. (b) Velký bílý subjekt. (c) Malý bílý subjekt.



### 6.2.3 Úpravy subjektu před uložením

Před uložením obrázku subjektu do odpovídající složky je potřeba provést jeho úpravy. Je nutné škálovat velikost obrázku subjektu podle:

- výšky načteného obrázku:

$$vyskaObrazkuSyntetickehoOtiskuPrstu(400px)/vyskaNactenehoObrazku \quad (6.1)$$

- šířky načteného obrázku:

$$sirkaObrazkuSyntetickehoOtiskuPrstu(275px)/sirkaNactenehoObrazku \quad (6.2)$$

Proces škálování obrázku subjektu se provádí kvůli tomu, že načtené snímky s one-mocněním mají větší velikost než obrázky syntetických otisků prstů, a pro dosažení co nejpřesnějších výsledků generování jsou zmenšeny na odpovídající velikost.

Druhou úpravou je nastavení alfa kanálu obrázku. Jedná se o nastavení průhledného pozadí subjektu, které slouží k tomu, aby při vkládání subjektů do obrázku se syntetickým otiskem prstu nebylo vloženo i bílé pozadí, které by změnilo jejich strukturu. Proto je snímek uložen ve formátu PNG, který jako jediný uloží snímek s transparentním pozadím. K uložení obrázku do složky slouží funkce `imwrite()` z knihovny OpenCV.

## 6.3 Atopický ekzém: Generování poškození

Tento proces zajišťuje funkce `proceedAtopicDamage()`. Funkce v první řadě načte obrázek syntetického otisku prstu ze složky `Anguli-fingerprints` a poté získá velikost plochy otisku prstu a jeho vnitřní body. To je provedeno tak, že se detekuje plocha otisku prstu a pomocí funkce `findNonZero()` z knihovny OpenCV se získá pole (vektor) vnitřních bodů (jejich umístění v obrázku). Následuje proces umístění extrahovaných subjektů uložených ve složce `atopic-subjects`. Počet vkládaných subjektů je buď zadán vstupním parametrem nebo je použita výchozí hodnota (40).

Subjekty jsou vkládány na náhodnou pozici v obrázku, která se nachází uvnitř plochy otisku prstu. Je k tomu použit cyklus `while`, který obsahuje výpočet pro získání bodu:

```
Point newPoint;
double randomNumber = 0;
bool isSetRandomNumber = false;

while (isSetRandomNumber != true) {
    if (randomNumber >= (insidePoints.size() -
        atopicSubject.size().width)) {
        randomNumber = 0;
    } else {
        if ((randomNumber < (insidePoints.size() -
            atopicSubject.size().width)) && randomNumber != 0) {
            isSetRandomNumber = true;
        } else {
            randomNumber = (rand() % 3 + 1) * (rand() %
                insidePoints.size());
        }
    }
}
```

```

    }
}
}

```

Předchozí část kódu generuje náhodná čísla v rozmezí  $1-(\text{insidePoints.size}())$  (velikost pole vnitřních bodů)) a kontroluje, zda šířka obrázku spolu s vygenerovanou hodnotou `randomNumber` není větší než `velikostPoleVnitřnichBodu`, což by znamenalo, že by se subjekt umístil mimo plochu otisku prstu. Po získání hodnoty bodu umístění je vložen subjekt na tuto pozici pomocí funkce `insertSubjectToImg()`. Výpočet hodnoty `randomNumber` je proveden pro každý vkládaný subjekt do obrázku syntetického otisku prstu. Obrázek s vloženými subjekty je poté uložen do složky `Damaged-fingerprints/Atopic-images`. Výsledný obrázek s generovaným poškozením atopického ekzému je zobrazen na následujícím Obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: (a) Načtený obrázek syntetického otisku prstu. (b) Výsledný obrázek s generovaným poškozením atopického ekzému.

## 6.4 Psoriáza: Generování poškození

Začátek generování probíhá obdobným způsobem jako u atopického ekzému. Nejprve se provede načtení obrázku syntetického otisku prstu vygenerovaného programem `Anguli`. Poté je získána velikost plochy otisku prstu a jeho vnitřní body pro pozdější umístění subjektů. K získání pole vnitřních bodů je použita opět knihovní funkce `findNonZero()`.

Dalším krokem je vkládání uložených subjektů do načteného obrázku. Počet vkládaných subjektů u psoriázy se liší od atopického ekzému tím, že vkládá do obrázku 3 typy poškození (tmavé subjekty, velké bílé subjekty a malé bílé subjekty). Vkládání jednotlivých typů subjektů se odvíjí od výchozí hodnoty (40) nebo od čísla zadaného parametrem (hodnota `zadanyPocet`):

- kategorie tmavé subjekty:
  - `zadanyPocet`  $\leq 15$ : nevkládá se žádný subjekt z této kategorie
  - `zadanyPocet`  $\leq 30$ : vložen 1 subjekt
  - `zadanyPocet`  $\leq 40$ : vloženy 2 subjekty
  - `zadanyPocet`  $\leq 80$ : vloženy 3 subjekty

- `zadanyPocet`  $\leq$  150: vloženy 4 subjekty
- `zadanyPocet`  $\leq$  250: vloženo 5 subjektů
- `zadanyPocet`  $>$  250: vloženo 6 subjektů
- kategorie velké bílé subjekty:
  - `zadanyPocet`  $\leq$  15: nevkládá se žádný subjekt z této kategorie
  - `zadanyPocet`  $\leq$  100: vloženo 1 subjekt
  - `zadanyPocet`  $\leq$  250: vloženy 2 subjekty
  - `zadanyPocet`  $>$  250: vloženy 3 subjekty
- kategorie malé bílé subjekty: vkládá se počet subjektů obsažen v hodnotě `zadanyPocet`

Výpočet bodu pro umístění malých bílých subjektů do obrázku je stejný jako ve výše vypsané části kódu s rozdílem v názvech proměnných. Subjekty jsou do obrázku syntetického otisku prstu vkládány pomocí funkce `insertSubjectToImg()`. Příklad generování tohoto onemocnění je zobrazen na Obrázku 6.5.

#### 6.4.1 Výpočet bodu umístění pro tmavé a velké bílé subjekty

Před vložením obrázků s poškozením z kategorie černých a velkých bílých subjektů je 50% šance, že jsou provedeny grafické změny zrcadlového přetočení obrázku pomocí funkce `flip()` z knihovny OpenCV. Zrcadlení obrázku subjektu umožní generovat více rozdílných poškození. Tyto subjekty jsou vkládány do okolí středu plochy otisku. Vzdálenost od středu určují náhodně vygenerované hodnoty. Na ose x je hodnota vygenerována v rozmezí 1–60 px a na ose y je v rozmezí 1–90 px. Poté se vygenerovaná hodnota pro osu x přičte k šířce obrázku a hodnota pro osu y k výšce obrázku subjektu. U těchto nových hodnot se zkontroluje, zda se nachází uvnitř plochy otisku prstu. V případě, že jsou mimo otisk, provede se zmenšení/zvětšení těchto hodnot podle potřeby, a je z nich vytvořen bod umístění v obrázku. Subjekt je umístěn na pozici nově vytvořeného bodu. Proces výpočtu bodu umístění je proveden nad každým vkládaným subjektem. Výsledný poškozený obrázek je uložen do složky `Damaged-fingerprints/Psoriasis-images`.



Obrázek 6.5: (a) Načtený obrázek syntetického otisku prstu. (b) Výsledný obrázek s generovaným poškozením psoriázy.

## Kapitola 7

# Testování

V této kapitole se porovnává úroveň poškození generovaných obrázků oproti původním nepoškozeným snímkům. Byl k tomu použit program NEUROtechnology *VeriFinger*<sup>1</sup>, který slouží k porovnání obrázků jednotlivých otisků prstů. Výstupem programu je určité skóre porovnání. Ověření bylo provedeno pro 13 balíčků, které se od sebe lišily počtem subjektů obsažených v jednotlivých obrázcích. Pro atopický ekzém bylo vytvořeno 9 balíčků a pro psoriázu 4. Každý balíček obsahoval 20 poškozených obrázků. Veškeré porovnávané hodnoty a snímky jsou na přiloženém DVD.

### 7.1 Popis vytvořených balíčků

Balíčky byly vytvořeny pro získání přesnějších výsledků při porovnávání. Čím více porovnávaných snímků, tím vyšší je přesnost výsledků. Každý z těchto balíčků obsahuje 20 unikátních obrázků s poškozením, které byly vygenerovány z 20 obrázků syntetických otisků prstů. Každý balíček byl vytvořen s jiným vstupním parametrem programu, který udává, kolik se bude vkládat subjektů do obrázku. Byl také vytvořen balíček s nepoškozenými obrázky syntetických otisků prstů. Porovnáváním těchto balíčků je získán procentuální přehled o tom, do jaké míry počet vkládaných subjektů ovlivňuje kvalitu otisku prstu. Vytvořené balíčky pro atopický ekzém jsou zobrazeny v Tabulce 7.1.

Balíčky	Počet subjektů
Ekzém 1	5
Ekzém 2	15
Ekzém 3	30
Ekzém 4	45
Ekzém 5	70
Ekzém 6	100
Ekzém 7	150
Ekzém 8	230
Ekzém 9	350

Tabulka 7.1: Atopický ekzém: jednotlivé balíčky.

<sup>1</sup><http://www.neurotechnology.com/verifinger.html>

Při generování poškození snímků psoriázou jsou vkládány 3 typy subjektů. Vytvořené balíčky pro psoriázu jsou zobrazeny v Tabulce 7.2.

Balíčky	Počet malých subjektů	Počet velkých subjektů	Počet tmavých subjektů
Psoriáza 1	15	0	0
Psoriáza 2	30	1	1
Psoriáza 3	45	1	3
Psoriáza 4	100	1	4

Tabulka 7.2: Psoriáza: jednotlivé balíčky.

## 7.2 NEUROtechnology VeriFinger

Tento program umožňuje uživateli nahrát obrázek otisku prstu do databáze a ověřit nebo identifikovat jej na základě existujících databázových šablon. Při ověřování nebo identifikaci obrázku otisku prstu je výstupem hodnota shody porovnávaných obrázků. Obrázky ve vytvořených balíčcích byly jednotlivě porovnány s jejich nepoškozenými protějšky a výstupní hodnoty byly zapisovány. Z těchto získaných hodnot v každém balíčku byla vytvořena střední hodnota.

Princip procesu ověřování je následující:

1. načtení všech 20 nepoškozených obrázků syntetických otisků prstů do databáze;
2. ověření každého načteného nepoškozeného otisku prstu a zápis jeho výstupní hodnoty (tato hodnota představuje 100% kvalitu otisku prstu);
3. vytvoření střední hodnoty z hodnot získaných v bodě 2 (tato střední hodnota představuje 100% kvalitu nepoškozených obrázků otisků prstů) – *hodnotaVychazi*;
4. jednotlivá identifikace všech obrázků uložených v balíčku a zápis hodnoty jejich shody;
5. vytvoření střední hodnoty z hodnot poškozených snímků získaných v bodě 4 – *hodnotaPoskozeni*;
6. vyhodnocení procentuální kvality shody daného balíčku z hodnot získaných v bodě 3 a 5 podle vzorce:

$$kvalitaSnimku = \text{hodnotaPoskozeni} / \text{hodnotaVychazi} * 100$$

7. opakování bodů 4 až 6 pro každý vytvořený balíček.

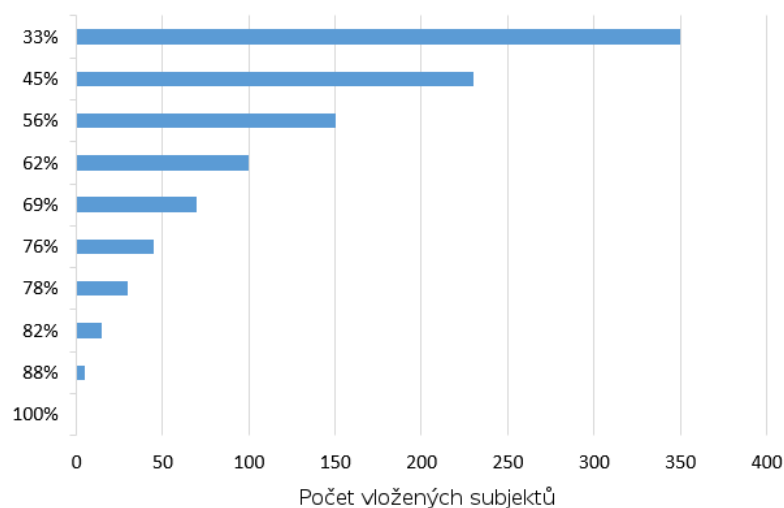
### 7.2.1 Atopický ekzém

Výsledky jednotlivých balíčků s atopickým ekzémem jsou zobrazeny v Tabulce 7.3. Tabulka obsahuje střední hodnotu výsledků jednotlivých balíčků, které byly porovnávány s balíčkem s nepoškozenými snímky. Graf kvality porovnání poškozených obrázků s atopickým ekzémem podle počtu vložených subjektů je zobrazen na Obrázku 7.1.

Balíček	Výchozí	Ekzém 1	Ekzém 2	Ekzém 3	Ekzém 4
Medián	1507.5	1330	1232	1177	1140
Kvalita snímku [%]	100%	88%	82%	78%	76%
Balíček	Ekzém 5	Ekzém 6	Ekzém 7	Ekzém 8	Ekzém 9
Medián	1045.5	947.5	841	681	497
Kvalita snímku [%]	69%	62%	56%	45%	33%

Tabulka 7.3: VeriFinger: výsledky jednotlivých balíčků pro atopický ekzém.

Na základě získaných výsledků zobrazených v Tabulce 7.3 lze vidět postupné znehodnocování obrázku syntetického otisku prstu. V grafu na Obrázku 7.1 lze vidět, že bylo nutné vložit přes 200 subjektů, aby byla překročena hranice 50% poškození. Výsledné hodnoty porovnaných balíčků naplňují očekávání a lze říci, že testování generovaných otisků s atopickým ekzémem proběhlo v pořádku.



Obrázek 7.1: Graf kvality porovnání obrázků podle vložených subjektů – atopický ekzém.

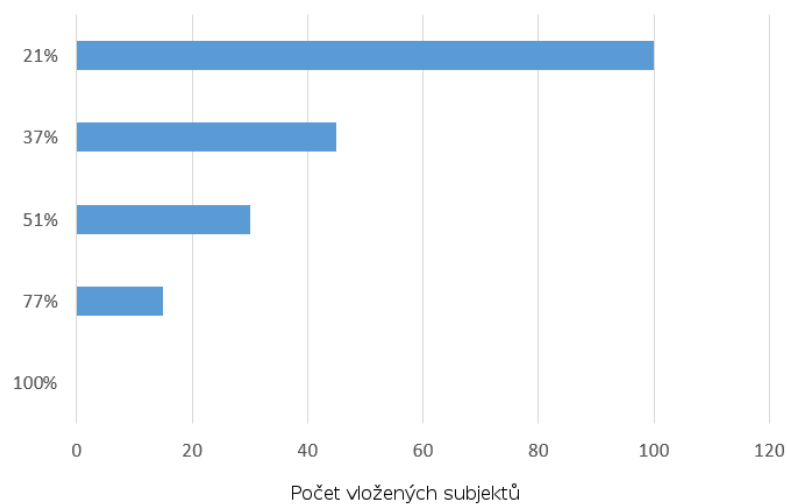
### 7.2.2 Psoriáza

Výsledky jednotlivých balíčků s psoriázou jsou zobrazeny v Tabulce 7.4. Tabulka obsahuje střední hodnotu výsledků jednotlivých balíčků, které byly porovnávány s balíčkem s nepoškozenými snímky. Graf kvality porovnání poškozených obrázků s psoriázou podle počtu vložených subjektů je zobrazen na Obrázku 7.2.

Balíček	Výchozí	Psoriáza 1	Psoriáza 2	Psoriáza 3	Psoriáza 4
Medián	1507.5	1156.5	768	560.5	312
Kvalita snímku [%]	100%	77%	51%	37%	21%

Tabulka 7.4: VeriFinger: výsledky jednotlivých balíčků pro psoriázu.

V grafu na Obrázku 7.2 lze vidět, že bylo potřeba vložit jen 35 subjektů k tomu, aby se hranice poškození dostala k 50 %. To je oproti generování poškození atopického ekzému několikanásobně menší počet. Způsobuje to vkládání tmavých a velkých bílých subjektů, které způsobují výraznější poškození otisku prstu. Je to dané také tím, že psoriáza se vyznačuje většími plochami poškození než atopický ekzém.



Obrázek 7.2: Graf kvality porovnání obrázků podle vložených subjektů – psoriáza.



## Kapitola 8

# Závěr

Hlavním cílem této práce bylo navrhnout a implementovat algoritmus, který upraví obrázek syntetického otisku prstu tak, aby bylo zřejmé, že výsledný otisk je poškozen konkrétním kožním onemocněním. Cílem bylo také, aby výsledný otisk vypadal co nejreálněji a nebylo možné snadno poznat, že se jedná o uměle vytvořené známky onemocnění. Byl zvolen postup extrahování poškozených ploch z existujících snímků poškozených otisků prstů, a ty byly poté vloženy do obrázku syntetického snímku zdravého otisku prstu. Konkrétně se práce zabývala těmito dvěma typy kožních onemocnění: *atopický ekzém* a *psoriáza (lupénka)*.

Na začátku této práce (před vývojem simulátoru) byly nastudovány materiály o biometrii, otiscích prstů a kůži celkově. Následně byly popsány některé typy snímacích technologií, princip rozpoznávání otisků prstů a vliv poškozených snímků na identifikaci/verifikaci. Důležitou částí byla následující analýza projevů dvou zvolených typů kožních onemocnění na snímku otisku prstu, podle které bylo rozhodnuto, jakým způsobem se bude snímek při simulaci poškozovat. V praktické části byly prostudovány možnosti knihovny OpenCV, která obsahuje velké množství funkcí pro grafické úpravy obrázků. Generované snímky s poškozením byly testovány a upravovány za účelem získání co nejpřesnějších a nejreálnějších výsledků v porovnání s ostatními snímky z databáze poškozených obrázků otisků prstů.

Výstupem programu vytvořeného v této práci jsou syntetické obrázky otisků prstů opatřené znaky vybraných kožních onemocnění. Obrázky generované programem mají za úkol zjednodušit práci při testování a rozpoznávání kožních onemocnění ze snímků otisků prstů. Simulátor vytvořený v této práci byl navržen a implementován tak, že tento úkol plní, jelikož se jedná o program, který je schopen snadno vygenerovat velké množství poškozených syntetických obrázků, se kterými se dá dále pracovat. Cíle práce byly tedy naplněny.

Simulátor poškození lze v budoucnu upravovat, zdokonalovat a rozšiřovat o další generovaná kožní onemocnění. Tato práce může tedy sloužit jako základ pro další výzkumy v této oblasti a pomoci při zdokonalování technologií používaných při rozpoznávání osob podle otisků prstů.

# Literatura

- [1] M2sys.com: *Automated Fingerprint Identification System (AFIS)* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z:  
<http://www.m2sys.com/automated-fingerprint-identification-system-afis/>.
- [2] Barotová, Š.: *Detektor kožních onemocnění u technologie otisků prstů*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, 2017.  
URL <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/BP.php?id=20057>
- [3] Barotová, Š.; Drahanský, M.; Pernický, R.: Detection of Ridge Damages in Fingerprint Recognition Caused By Skin Diseases. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, ročník 9, č. 11, 2016: s. 125–146.
- [4] Bárta, M.: *Generování onemocnění kůže do syntetických otisků prstů*. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, 2016.  
URL <http://www.fit.vutbr.cz/study/DP/DP.php?id=17348>
- [5] Cappelli, R.; Maio, D.; Maltoni, D.: Synthetic fingerprint-database generation. *16th International Conference on Pattern Recognition*, ročník 3, 2002: s. 744–747.
- [6] Cetkovská, P.; Pizzinger, K.; Štork, J.: *Kožní změny u interních onemocnění*. Praha: Grada, 2010, ISBN 978-80-247-1004-4.
- [7] Dixo.cz: *Změny na kůži, vyrážky, léze* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z:  
<https://www.dixo.cz/kozni-zmeny/>.
- [8] Doležel, M.; Drahanský, M.; Urbánek, J.; aj.: Influence of Skin Diseases on Fingerprint Quality and Recognition. *New Trends and Developments in Biometrics*, 2012: str. 275–303.
- [9] Drahanský, M.: *Biometric cryptography based on fingerprints: combination of biometrics and cryptography using information from fingerprints*. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010, ISBN 978-3-8383-6361-5.
- [10] Drahanský, M.: *Fingerprint recognition technology: related topics : skin disease, image quality and liveness detection*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2011, ISBN 978-3-8443-3007-6.
- [11] Drahanský, M.; Orság, F.: *Biometrie*. CRC Press, první vydání, 2011, ISBN 978-80-254-8979-6.

- [12] Fabiánová, K.; Rainetová, P.: *Onemocnění ruka-noha-ústa (Hand, Foot, and Mouth Disease - HFMD)* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: [http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Onemocneni\\_ruka\\_noha\\_usta.pdf](http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Onemocneni_ruka_noha_usta.pdf).
- [13] Genetics Home Reference: *Epidermolytic hyperkeratosis* [online]. Duben 2018, [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/epidermolytic-hyperkeratosis>.
- [14] Gupta, D. K.; Verma, M. K.: *Synthetic fingerprint generation* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/581e/66c12e5cd92c1c006828caf54340ce0508df.pdf>.
- [15] HABIF, T. P.: *Clinical dermatology*. Edinburgh: Mosby, páté vydání, 2009, ISBN 978-072-3435-419.
- [16] JAMES, W. D.; ELSTON, D. M.; BERGER, T. G.: *Andrews' Diseases of the skin: clinical dermatology*. Philadelphia, PA: Elsevier, 12 vydání, 2016, ISBN 978-0323319676.
- [17] Anamneza.cz: *Lupénka* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.anamneza.cz/nemoc/Lupenka-Psoriasis-54>.
- [18] Moravec, P.: *Čtečky otisku prstů pod drobnohledem – jak fungují?* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://mobilizujeme.cz/clanky/ctecky-otisku-prstu-pod-drobnohledem-jak-funguji>.
- [19] Muhammad, A.: *A Computationally Efficient Framework for Large-scale Distributed Fingerprint Matching*. Masters of science (computer sciences), University of the Witwatersrand, School of Computer Science and Applied Mathematics, 2017. URL [http://wiredspace.wits.ac.za/bitstream/handle/10539/23747/finalSubmission\\_447235.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://wiredspace.wits.ac.za/bitstream/handle/10539/23747/finalSubmission_447235.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [20] ČÁP, P.; PRŮCHA, M.: *Alergologie v kostce*. Praha: Triton, 2006, ISBN 8072547798.
- [21] Page, E. H.: *Structure and Function of the Skin - Skin Disorders - MSD Manual Consumer Version* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.msdmanuals.com/home/skin-disorders/biology-of-the-skin/structure-and-function-of-the-skin>.
- [22] Rak, R.; Matyáš, V.; Říha, Z.: *Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích*. Praha: Grada, 2008, ISBN 978-80-247-2365-5.
- [23] SaltsClaysMinerals.com: *The Science of the Skin* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.saltsclaysminerals.com/natural/skin/structure.html>.
- [24] Straus, J.; Porada, V.: *Kriminalistická daktyloskopie*. Praha: Vydavatelství PA ČR, 2005, ISBN 80-7251-192-0.
- [25] Vach, M.: *Historie biometrik a jejich využití ve výpočetní technice* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: [https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xvach\\_biometriky.htm](https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xvach_biometriky.htm).
- [26] WikiSkripta.eu: *Verruca vulgaris (preparát)* [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Verruca\\_vulgaris\\_\(prepar%C3%A1t\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Verruca_vulgaris_(prepar%C3%A1t)).

# Přílohy

# Příloha A

## Obsah DVD

Seznam souborů na přiloženém DVD:

- Písemná zpráva ve formátu PDF
- Zdrojové texty pro vytvoření písemné zprávy v  $\text{\LaTeX}$ u
- Zdrojové texty programu a snímky poškozených otisků prstů
- Vygenerovaná programová dokumentace (Doxygen)
- Textový soubor README.txt popisující obsah DVD
- Výsledky testování